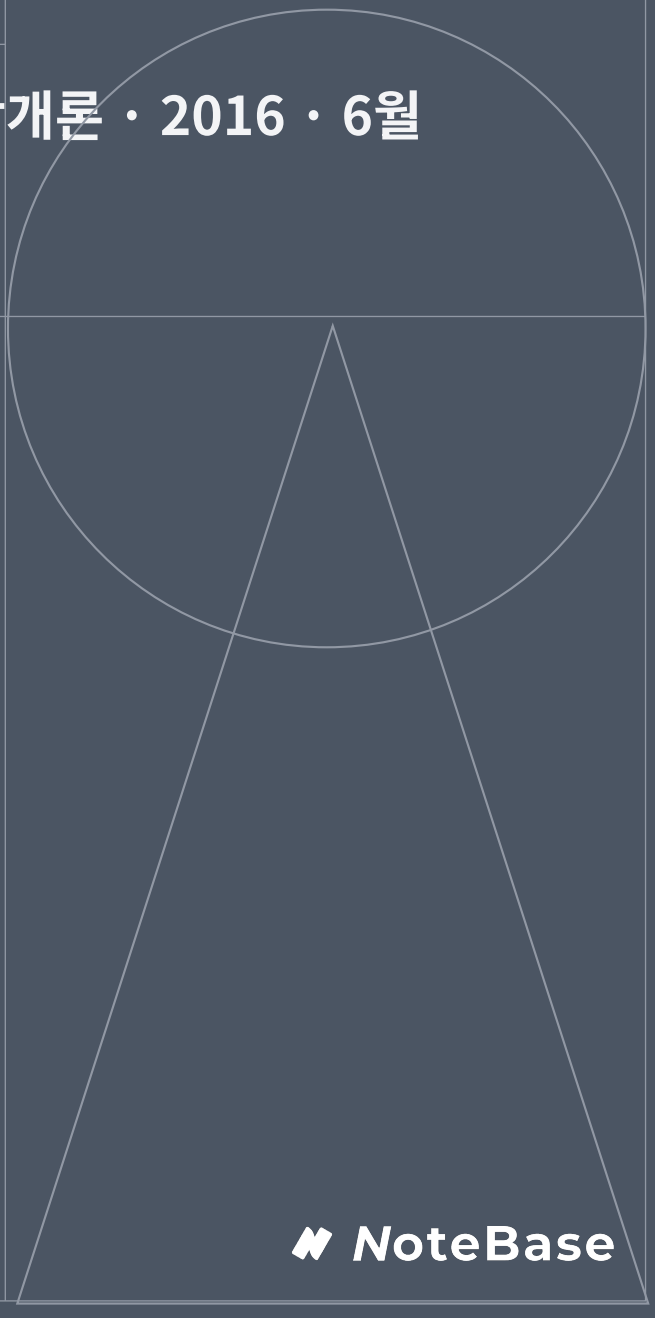
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2016 · 6월

공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2016 · 6월

문 1. 위쪽 끝이 고정되어 있는 길이가 l인 줄의 아래쪽 끝에 질량 m인 구 모양 물체를 달아 진자를 만들었다. 줄을 팽팽하게 유지하면서 물체를 수평방향까지 들어 올린 후 가만히 놓아서 진동시켰을 때 줄에 걸리는 최대 장력은 얼마인가?

① mg

② $2mg$

③ $3mg$

④ $4mg$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 역학적 에너지 보존과 원운동의 반지름 방향 운동방정식을 이용해 진자의 최하점에서 줄의 최대 장력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 줄의 길이 l, 물체의 질량 m이다.
구해야 할 값: 진동 중 줄에 걸리는 최대 장력이다.
주의할 조건: 물체를 수평에서 놓았으므로 최하점까지의 낙하 높이는 l이고, 장력은 속력이 가장 큰 최하점에서 최대가 된다.

사용할 공식

에너지 보존식은 $mgl = \frac{1}{2}mv^2$ 이고, 최하점의 반지름 방향 운동방정식은 $T - mg = \frac{mv^2}{l}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 수평 위치에서 최하점까지 내려오며 위치에너지가 운동에너지로 바뀌고, 최하점에서는 원운동에 필요한 구심가속도를 장력과 중력의 차가 만들어 내기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 수평 위치에서 최하점까지의 높이 차는 l이다.
2. 에너지 보존을 적용하면 $mgl = \frac{1}{2}mv^2$ 이므로 $v^2 = 2gl$ 이다.
3. 최하점에서 $T - mg = \frac{mv^2}{l}$ 이고, $\frac{mv^2}{l} = \frac{m(2gl)}{l} = 2mg$ 이다.
4. 따라서 $T - mg = 2mg$ 이므로 $T = 3mg$ 이다.
5. 최하점에서 속력이 가장 크므로 이 값이 최대 장력이다.

선지 판단

1번 X: mg 는 정지해 매달려 있을 때의 장력 크기이다. 진동 중 최하점에서는 여기에 구심력 조건이 더 필요하므로 최대 장력은 mg 가 아니다. 틀린 표현은 "최대 장력이 mg 이다"이고, 올바르게는 "최대 장력은 $3mg$ 이다"이다.
2번 X: $2mg$ 는 최하점에서 필요한 구심력 $\frac{mv^2}{l}$ 의 크기일 뿐 전체 장력이 아니다. 틀린 표현은 "최대 장력이 $2mg$ 이다"이고, 올바르게는 "장력과 중력의 차가 $2mg$ 이므로 장력은 $3mg$ 이다"이다.
3번 O: 계산 결과 최하점에서 $T = mg + 2mg = 3mg$ 이다. 속력이 가장 큰 최하점에서 장력이 최대이므로 3번이 옳다.
4번 X: $4mg$ 는 중력과 구심력의 관계를 잘못 더해 과대계산한 값이다. 틀린 표현은 "최대 장력이 $4mg$ 이다"이고, 올바르게는 "최대 장력은 $3mg$ 이다"이다.

오답 포인트

최하점에서 필요한 것은 장력 자체가 구심력이라는 뜻이 아니라 장력과 중력의 차가 구심력이라는 점이다. 이 관계를 $T = \frac{mv^2}{l}$ 로 잘못 쓰면 2번을 고르고, 구심력과 중력을 중복해서 더하면 4번을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

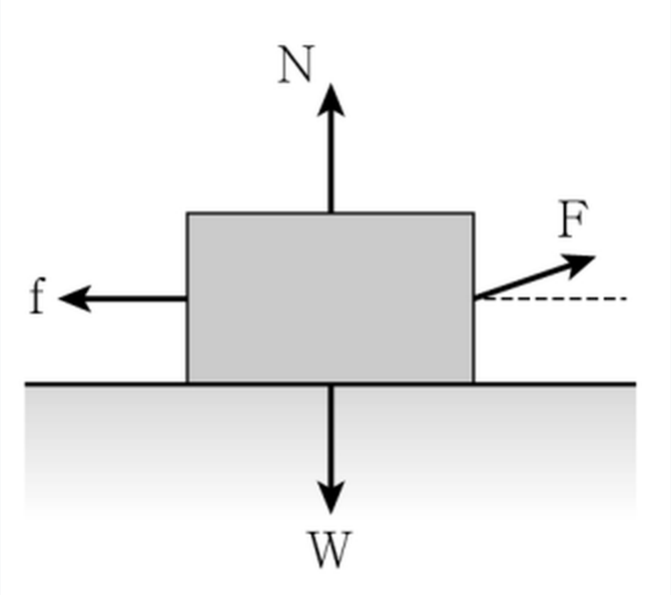
진자 장력 문제는 먼저 출발점과 최하점의 높이 차로 속력을 구한 뒤, 최하점 반지름 방향에서 $T - mg = \frac{mv^2}{l}$ 를 세우는 순서로 판단한다.

암기 포인트

진자를 수평에서 놓으면 최하점에서 $v^2 = 2gl$ 이고, 최대 장력은 $T = mg + \frac{mv^2}{l} = 3mg$ 이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 수평면 위에 놓인 물체를 사람이 힘 F로 일정 속력으로 잡아당긴다. 그 외에도 상자에 작용하는 힘은 수직항력 N, 중력 W, 마찰력 f가 있다. 이 힘들의 크기를 올바르게 표현한 것은?



① F=f와 N=W

② F>f와 N<W

③ F=f와 N>W

④ F>f와 N=W

정답 2번

출제 포인트

일정한 속력으로 움직일 때 합력이 0이므로, 비스듬한 당기는 힘 *F*를 수평 성분과 수직 성분으로 나누어 마찰력과 수직항력의 관계를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 일정한 속력이므로 수평방향에서는 F 자체가 아니라 수평 성분인 $F\cos\theta$가 마찰력 f와 같아야 한다. 따라서 $F = f$는 틀리다.
- 또한 F의 위쪽 성분 $F\sin\theta$가 물체를 일부 들어 올리므로 수직항력은 $N = W - F\sin\theta$가 되어 $N = W$도 틀리다.
- 틀린 표현은 'F=f'와 'N=W'이다. 올바르게는 'F>f, N<W'이다.

② O
- 일정한 속력이므로 수평방향 합력은 0이다. 따라서 $F\cos\theta = f$이고, $\cos\theta < 1$이므로 $F > f$이다.
- 수직방향에서도 합력이 0이므로 $N + F\sin\theta = W$이다. 따라서 $N = W - F\sin\theta$가 되어 $N < W$이다.

③ X
- 수평방향에서는 $F\cos\theta = f$이므로 $F = f$가 아니라 $F > f$이다.
- 수직방향에서는 당기는 힘의 위쪽 성분 때문에 수직항력이 줄어든다. 따라서 $N > W$가 아니라 $N < W$이다.
- 틀린 표현은 'F=f'와 'N>W'이다. 올바르게는 'F>f, N<W'이다.

④ X
- $F > f$는 맞지만, 수직항력은 중력과 같지 않다. 위쪽 성분 $F\sin\theta$가 있으므로 $N = W - F\sin\theta$이다.
- 틀린 표현은 'N=W'이다. 올바르게는 'N<W'이다.

오답 포인트

많이 틀리는 이유는 힘의 크기 F와 수평 성분 $F\cos\theta$를 같은 것으로 보는 점과, 비스듬한 힘의 위쪽 성분이 수직항력을 줄인다는 사실을 놓치는 점이다. 그림에서 화살표가 기울어져 있으면 반드시 성분 분해가 필요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

등속 운동이면 먼저 각 방향의 합력이 0인지 본다. 기울어진 힘이 나오면 수평 성분은 마찰력과 비교하고, 수직 성분은 중력에서 빼서 수직항력을 판단하면 된다.

암기 포인트

기울여 당기면 $F\cos\theta$가 마찰력, $W - F\sin\theta$가 수직항력이다.

NoteBase

문 3. 어떤 입자가 $x = 0$인 위치에 정지하고 있다가 $F = F_0 e^{-kx}$의 힘을 받아 $+x$축 방향으로 움직이기 시작했다. 이 입자가 가질 수 있는 최대 운동 에너지는? (단, F_0, k는 상수이다.)

① $\frac{F_0}{k}$
② $\frac{F_0}{e^k}$
③ kF_0
④ $\frac{kF_0}{2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 위치에 따라 달라지는 힘 $F = F_0 e^{-kx}$가 한 일을 적분하여 최대 운동에너지를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 입자는 $x = 0$에서 정지 상태로 출발하고, 힘은 $F(x) = F_0 e^{-kx}$이다.
구해야 할 값: 입자가 가질 수 있는 최대 운동에너지이다.
주의할 조건: 힘이 위치에 따라 변하므로 $F \times x$가 아니라 $\int F dx$로 일을 구해야 한다.

사용할 공식

일-에너지 정리에 따라 운동에너지의 증가는 힘이 한 일과 같다.
$K(x) - K(0) = \int_0^x F_0 e^{-ks} ds$
처음에 정지하므로 $K(0) = 0$이고, 힘이 계속 $+x$ 방향이므로 운동에너지는 증가하다가 전체 일이 유한한 값으로 수렴한다.

계산 과정

운동에너지는
$K(x) = \int_0^x F_0 e^{-ks} ds = \frac{F_0}{k}(1 - e^{-kx})$
이다.
x가 커질수록 $e^{-kx} \to 0$이므로
$K_{\max} = \lim_{x \to \infty} K(x) = \frac{F_0}{k}$
이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 최대 운동에너지는 전체 일이므로 $\int_0^{\infty} F_0 e^{-kx} dx = F_0/k$이다.

2번: X. F_0/e^k는 적분 결과가 아니라 $x = 1$ 같은 한 점에서의 힘 값을 잘못 떠올린 형태에 가깝다. 운동에너지는 순간힘이 아니라 누적된 일로 결정되며, 올바르게는 F_0/k이다.

3번: X. kF_0는 적분하면 나와야 할 $1/k$가 거꾸로 들어간 값이다. 지수함수 적분에서 $\int e^{-kx} dx = -(1/k)e^{-kx}$가 되어야 하므로 올바르게는 F_0/k이다.

4번: X. $kF_0/2$는 힘의 평균을 임의로 잡거나 적분 없이 근사한 값에 가깝다. 이 문제는 정확히 적분할 수 있고, 올바른 최대 운동에너지는 F_0/k이다.

오답 포인트

힘이 점점 작아지므로 최대 운동에너지도 어떤 중간값에서 멈춘다고 막연히 생각하기 쉽다. 그러나 힘이 항상 양수이므로 운동에너지는 계속 증가하고, 다만 증가량의 총합이 F_0/k로 수렴한다. 또 지수함수 적분에서 $1/k$가 생긴다는 점을 놓치면 3번처럼 뒤집힌 값을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

위치에 따라 변하는 힘이 주어지고 에너지의 최대값을 묻는 문제는 $K = \int F dx$를 먼저 세운다. 그다음 출발점과 도착점을 넣어 전체 일을 구하고, 힘이 끝까지 같은 방향이면 $x \to \infty$에서의 수렴값을 최대 운동에너지로 판단한다.

암기 포인트

변하는 힘이 한 일은 $F \times x$가 아니라 $\int F dx$이며, e^{-kx} 적분에서는 $1/k$가 앞에 붙는다.

NoteBase

문 4. 정지하고 있던 시내버스가 출발하면서 수직방향으로 있던 손잡이가 14° 뒤쪽으로 기울어진 상태로 4초간 있다가 손잡이가 제자리로 돌아온 후 4초간 더 달렸다. 출발 후 버스가 이동한 총 거리는 얼마인가? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$이고 $\tan 14^\circ = 0.25$이다.)

① 45m

② 60m

③ 75m

④ 80m

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 손잡이의 기울기에서 버스의 가속도를 구한 뒤, 등가속도 운동과 등속도 운동을 나누어 총 이동거리를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 중력가속도는 10m/s^2이다.
- $\tan 14^\circ = 0.25$이다.
- 출발 후 4초 동안 손잡이가 뒤로 기울어져 있다.
- 그 뒤 4초 동안은 손잡이가 수직이므로 가속도가 0이다.

구해야 할 값:
- 출발 후 8초 동안 버스가 이동한 총거리이다.

주의할 조건:
- 손잡이가 뒤로 기울어진 4초는 등가속도 운동이고, 손잡이가 제자리로 돌아온 뒤 4초는 등속도 운동이다.

사용할 공식

사용 공식은 $\tan\theta = \frac{a}{g}$, $s = \frac{1}{2}at^2$, $v = at$, $s = vt$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
손잡이의 기울기는 버스의 수평가속도와 중력가속도의 비를 나타내므로 먼저 a를 구할 수 있다. 이후 처음 4초는 정지에서 출발한 등가속도 운동이고, 다음 4초는 그때 얻은 속력으로 움직이는 등속도 운동이 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 손잡이 기울기에서 가속도를 구한다.

$a = g\tan 14^\circ = 10 \times 0.25 = 2.5 m/s^2$

2. 처음 4초 동안 이동거리를 구한다.

$s_1 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 4^2 = 20m$

3. 4초 뒤 속력을 구한다.

$v = at = 2.5 \times 4 = 10 m/s$

4. 이후 4초는 등속도 운동이므로 이동거리를 구한다.

$s_2 = vt = 10 \times 4 = 40m$

5. 총이동거리를 합한다.

$s = s_1 + s_2 = 20 + 40 = 60m$

선지별 해설

① X

- 계산 결과 총거리는 60m이므로 45m는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 제시 거리 45m이다. 올바르게는 총거리가 60m이다.

② O

- 처음 4초 동안 20m, 다음 4초 동안 40m를 이동하므로 총거리는 60m이다.
- 제시 거리 60m가 계산값과 일치한다.

③ X

- 계산 결과 총거리는 60m이므로 75m는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 제시 거리 75m이다. 올바르게는 총거리가 60m이다.

④ X

- 80m는 8초 내내 같은 가속도 $2.5 m/s^2$로 달렸다고 잘못 보면 나올 수 있는 값이지만, 문제에서는 4초 뒤 손잡이가 수직으로 돌아오므로 이후에는 등속도 운동이다.
- 틀린 표현은 제시 거리 80m이다. 올바르게는 총거리가 60m이다.

오답 포인트

손잡이가 다시 수직이 되는 순간을 무시하고 8초 전체를 등가속도 운동으로 처리하면 ④처럼 판단하기 쉽다. 이 문제의 핵심은 손잡이의 기울기에서 가속도를 읽고, 기울어진 구간과 수직인 구간을 서로 다른 운동으로 나누는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

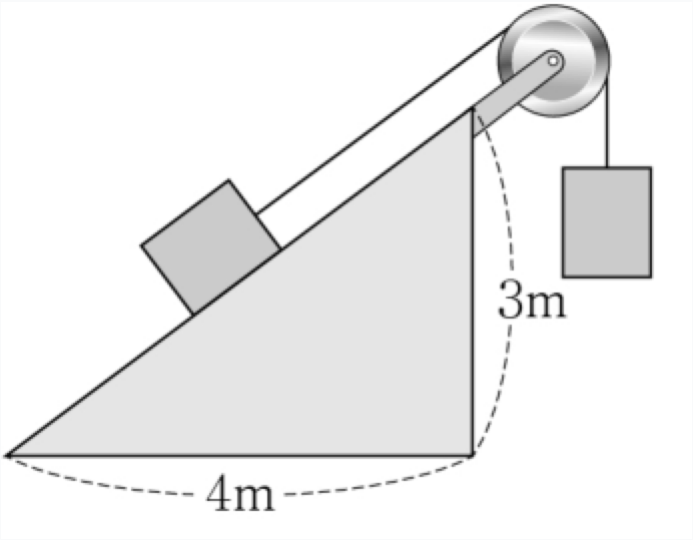
가속도와 기울기가 함께 나오면 먼저 $a = g\tan\theta$로 가속도를 구한다. 그다음 운동 상태가 바뀌는 시점을 기준으로 구간을 나누고, 각 구간에 맞는 식을 적용해 거리를 합하면 된다.

암기 포인트

손잡이 기울기 문제는 $\tan\theta = \frac{a}{g}$, 기울기 구간은 등가속도, 수직 복귀 뒤는 등속도로 정리된다.

NoteBase

문 5. 무게가 똑같이 10 N인 두 물체가 그림과 같이 도르래 양쪽에 걸쳐 있다. 두 물체가 움직이지 않고 정지해 있다면, 경사면 위에 놓인 물체에 작용하는 마찰력은 얼마인가? (단, 줄과 도르래의 질량은 무시할 수 있고 중력가속도는 $10\mathrm{m/s^2}$으로 한다.)



① 2.5 N

② 4 N

③ 6 N

④ 10 N

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정지 평형에서 줄의 장력과 경사면 방향 중력 성분을 비교하여 마찰력의 크기와 방향을 구하는 문제이다.

조건 정리

두 물체의 무게는 각각 10 N이다.
도르래와 줄은 이상적이므로 줄의 장력은 양쪽에서 같다.
경사면은 밑변 4m, 높이 3m인 직각삼각형이므로 빗변은 5m이고, $\sin\theta = \frac{3}{5}$이다.
매달린 물체가 정지해 있으므로 장력 $T = 10N$이다.

NoteBase

사용할 공식

경사면 방향 중력 성분은 $W\sin\theta$이다.
정지 상태에서는 경사면 방향 힘의 합이 0이므로 장력, 중력 성분, 마찰력이 평형을 이룬다.
이 공식을 쓰는 이유는 경사면 위 물체가 움직이지 않으므로 경사면 방향 힘만 맞추면 마찰력을 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

경사면 아래쪽으로 작용하는 중력 성분은 $10 \times \frac{3}{5} = 6N$이다.
경사면 위쪽으로 당기는 장력은 $10N$이다.
장력이 더 크므로 물체는 위로 움직이려는 경향이 있고, 마찰력은 이를 막기 위해 경사면 아래쪽으로 작용한다.
평형 조건에서 $T = W\sin\theta + f$이므로 $10 = 6 + f$이다.
따라서 마찰력의 크기는 $f = 4N$이다.

선지별 해설

① X
마찰력의 크기는 2.5 N이 아니라 4 N이다. 2.5 N은 정지 평형식 $10 = 6 + f$를 만족하지 못하는 값이다.

② O
마찰력의 크기는 4 N이다. 장력 10 N이 경사면 방향 중력 성분 6 N보다 크므로, 남는 4 N을 경사면 아래쪽 마찰력이 상쇄해야 정지한다.

③ X
6 N은 마찰력이 아니라 경사면 방향 중력 성분이다. 올바르게는 마찰력은 4 N이고, 6 N은 $10\sin\theta$의 값이다.

④ X
10 N은 마찰력이 아니라 매달린 물체의 무게이자 줄의 장력이다. 올바르게는 경사면 위 물체에 작용하는 마찰력의 크기는 4 N이다.

오답 포인트

마찰력을 항상 경사면 위쪽으로만 두거나, 6 N인 중력 성분과 10 N인 장력을 그대로 마찰력으로 착각하기 쉽다.
이 문항에서는 물체가 위로 끌려가려는 경향이 있으므로 마찰력은 경사면 아래쪽이어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

경사면 문제는 먼저 삼각비로 $\sin\theta$를 구하고, 다음에 경사면 방향 중력 성분을 계산한 뒤, 매달린 물체의 무게로 장력을 정한다. 마지막에 두 힘의 차이를 보고 마찰력의 크기와 방향을 판단한다.

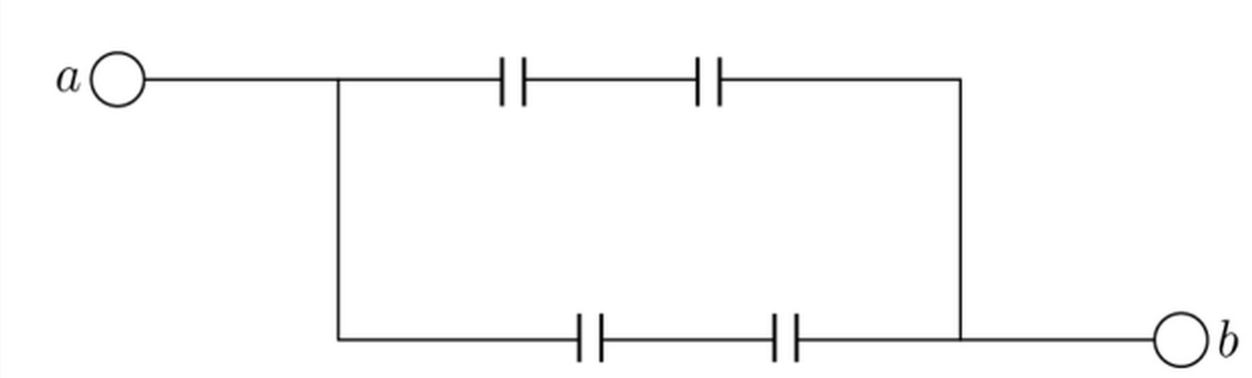
NoteBase

암기 포인트

정지한 경사면 연결 문제는 마찰력=장력-경사면 방향 중력 성분으로 정리된다.

NoteBase

문 6. 4개의 동일한 축전기가 아래 그림과 같이 도체전선으로 연결되어 있다. 각 축전기의 전기용량이 C이면, a와 b 사이의 전기용량은 얼마인가? (단, 전선저항은 무시한다.)



① $\frac{C}{4}$

② $\frac{C}{2}$

③ C

④ $2C$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직렬과 병렬 연결을 구분하여 a와 b 사이의 등가정전용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 동일한 축전기 4개의 전기용량은 모두 C이다.
- 구해야 할 값: a와 b 사이의 등가정전용량이다.
- 주의할 조건: 위쪽 두 개와 아래쪽 두 개는 각각 직렬이고, 그 두 직렬 묶음은 서로 병렬이다.

사용할 공식

직렬 연결에서는 $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$이고, 같은 축전기 두 개 C의 직렬 등가용량은 $\frac{C}{2}$이다.
병렬 연결에서는 $C_{eq} = C_1 + C_2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 회로에서 왼쪽 접점과 오른쪽 접점 사이에 위 가지와 아래 가지가 나뉘어 있으므로 각 가지는 직렬, 두 가지 전체는 병렬 구조이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 위쪽 가지의 축전기 두 개는 직렬이므로 등가용량은 $\frac{C}{2}$이다.
2. 아래쪽 가지의 축전기 두 개도 직렬이므로 등가용량은 $\frac{C}{2}$이다.
3. 이 두 직렬 묶음은 같은 두 점 a와 b 사이에 병렬로 연결되어 있으므로 전체 등가정전용량은 $\frac{C}{2} + \frac{C}{2} = C$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{C}{4}$는 축전기 4개가 모두 한 줄로 직렬일 때의 값이다. 이 회로는 두 개씩 직렬인 가지 두 개가 병렬이므로 해당하지 않는다. 틀린 표현 → 올바르게는 각 가지를 먼저 $\frac{C}{2}$로 만든 뒤 병렬로 더해야 한다.
② X: $\frac{C}{2}$는 위쪽 가지 하나 또는 아래쪽 가지 하나만 본 등가용량이다. 전체 회로는 그 두 가지가 병렬이므로 하나를 더 더해야 한다. 틀린 표현 → 올바르게는 전체 등가정전용량은 $\frac{C}{2} + \frac{C}{2} = C$이다.
③ O: 위쪽 두 개의 직렬 결과가 $\frac{C}{2}$, 아래쪽 두 개의 직렬 결과도 $\frac{C}{2}$이므로 병렬 합은 C이다. 따라서 정답에 해당한다.
④ X: $2C$는 각 가지를 직렬이 아니라 병렬처럼 잘못 본 경우의 값이다. 한 가지 안의 두 축전기는 같은 경로에 연속으로 놓여 있으므로 병렬이 아니다. 틀린 표현 → 올바르게는 각 가지는 $C + C$가 아니라 직렬 등가용량 $\frac{C}{2}$로 계산한다.

오답 포인트

사각형 모양만 보고 축전기 네 개를 한꺼번에 보거나, 가지 내부의 직렬 연결을 병렬로 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 한 가지 안의 두 축전기를 먼저 줄이지 않고 전체를 바로 더하거나 전부 직렬로 보는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로형 축전기 문제는 먼저 같은 두 점을 공유하는지로 병렬을 확인하고, 한 경로 안에서 연속으로 놓였는지로 직렬을 확인한 뒤 각 가지의 등가용량을 구해 마지막에 합친다.

암기 포인트

두 개 직렬은 절반, 병렬은 합이다. 이 문항은 $\frac{C}{2}$와 $\frac{C}{2}$의 병렬이므로 전체는 C이다.

NoteBase

문 7. 기전력이 1.5 V이고 내부저항이 0.25Ω인 전지 20개가 있다. 4개씩 직렬로 연결하여 5묶음을 만들고 이것들을 병렬로 연결한 후, 직렬로 1Ω의 저항을 연결하였다. 1Ω 저항에서 소비되는 전력의 크기는 얼마인가?

① 25 W

② 30 W

③ 36 W

④ 48 W

정답 1번

출제 포인트

직렬·병렬로 연결한 전지의 합성 기전력과 합성 내부저항을 구한 뒤, 전체 전류를 이용해 외부 저항의 소비전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전지 1개의 기전력: $1.5V$
- 전지 1개의 내부저항: 0.25Ω
- 4개씩 직렬 연결한 묶음 5개를 병렬 연결
- 외부 저항: 1Ω

구해야 할 값:
- 1Ω 저항에서 소비되는 전력

주의할 조건:
- 직렬에서는 기전력과 내부저항이 더해진다.
- 같은 묶음을 병렬로 연결하면 전체 기전력은 그대로이고 내부저항은 병렬합성으로 줄어든다.

사용할 공식

$I = \frac{E}{R+r}, \quad P = I^2R$

이 공식을 쓰는 이유:

전지 전체를 하나의 합성 전원으로 바꾸면 외부 저항 R과 합성 내부저항 r이 직렬인 회로가 되므로 전체 전류는 $I = \frac{E}{R+r}$로 구한다. 그 전류가 1Ω 저항에도 그대로 흐르므로 전력은 $P = I^2R$로 계산한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전지 4개를 직렬로 연결한 한 묶음의 기전력과 내부저항은
$E_1 = 4 \times 1.5 = 6V, \quad r_1 = 4 \times 0.25 = 1\Omega$
이다.
2. 이런 묶음 5개를 병렬로 연결하면 전체 기전력은 그대로 $6V$, 합성 내부저항은
$r = \frac{1\Omega}{5} = 0.2\Omega$
이다.
3. 외부 저항 1Ω를 직렬로 연결한 전체 회로 전류는
$I = \frac{6}{1 + 0.2} = \frac{6}{1.2} = 5A$
이다.
4. 따라서 1Ω 저항에서 소비되는 전력은
$P = I^2R = 5^2 \times 1 = 25W$
이다.

선지별 해설

① O: 합성 전지는 $E = 6V$, $r = 0.2\Omega$가 된다. 따라서 전체 전류는 $5A$이고, 1Ω 저항의 전력은 $25W$이므로 옳다.
② X: $30W$가 되려면 $P = I^2R$에서 전류가 $\sqrt{30}A$여야 한다. 그러나 실제 회로 전류는 $5A$이다. 올바른 값은 $25W$이다.
③ X: $36W$는 1Ω 저항 양단에 기전력 전체 $6V$가 그대로 걸린다고 보고 $P = \frac{V^2}{R} = \frac{6^2}{1}$로 계산한 값이다. 실제로는 내부저항 0.2Ω에서 전압강하가 생기므로 저항 양단전압은 $5V$이고, 올바른 값은 $25W$이다.
④ X: $48W$가 되려면 1Ω 저항에 흐르는 전류가 $\sqrt{48}A$여야 한다. 이는 합성 기전력이나 내부저항을 잘못 구한 경우에만 나오는 값이다. 이 회로의 실제 합성 기전력은 $6V$, 합성 내부저항은 0.2Ω이므로 전력은 $25W$이다.

오답 포인트

직렬 묶음을 먼저 만든 뒤 다시 병렬합성해야 하는데, 20개 전지를 한 번에 처리하면서 기전력과 내부저항을 뒤섞어 계산하기 쉽다. 특히 ③처럼 외부 저항 양단전압을 기전력 $6V$와 같게 놓고 내부저항의 전압강하를 무시하는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

전지 묶음 계산 문제는 한 묶음의 E와 r를 먼저 구하고, 그 묶음들을 다시 직렬·병렬 규칙으로 합성한 뒤, 마지막에 $I = \frac{E}{R + r}$, $P = I^2R$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

전지 직렬은 E와 r가 함께 더해지고, 같은 전지의 병렬은 E는 그대로이며 r만 줄어든다.

NoteBase

문 8. 진공 위에 면적이 A인 금속판 두 개를 거리 d로 평행하게 놓고 그 사이에는 유전상수가 κ (유전율 $\varepsilon = \kappa\varepsilon_0$, ε_0는 진공 중의 유전율)인 유전체를 넣어서 평행판 축전기를 만들었다. 이 축전기에 전압 V인 전지로 충전을 한 후 전지를 분리하였다. 이 상태에서 평행판 사이의 유전체를 빼내는 데 필요한 일의 양은 얼마인가?

① $(\kappa - 1)\frac{\varepsilon_0 A V^2}{2d}$
② $(\kappa^2 - 1)\frac{\varepsilon_0 A V^2}{2d}$
③ $\frac{\kappa - 1}{\kappa}\frac{\varepsilon_0 A V^2}{2d}$
④ $\kappa(\kappa - 1)\frac{\varepsilon_0 A V^2}{2d}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 전지를 분리한 뒤 유전체를 빼낼 때 전하량 Q가 일정하다는 조건에서 축전기 에너지 변화로 필요한 일을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 평행판 면적은 A, 판 사이 거리는 d, 유전상수는 κ, 충전 전압은 V이다.
초기 상태: 유전체가 완전히 들어 있으므로 초기 정전용량은 $C_i = \kappa\varepsilon_0 A/d$이다.
주의할 조건: 전지를 분리했으므로 유전체를 빼는 동안 전하량 Q는 일정하다.

사용할 공식

고정전하 상태의 축전기 에너지는 $U = \frac{Q^2}{2C}$ 이다.
처음 충전할 때의 전하량은 $Q = C_i V = \frac{\kappa\varepsilon_0 A}{d}V$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 전지를 분리한 뒤에는 전압이 아니라 전하량이 보존되므로, 유전체를 뺄 때 필요한 일은 에너지 증가분 ΔU로 계산된다.

계산 과정

초기 에너지는 $U_i = \frac{1}{2}C_i V^2 = \frac{1}{2}\frac{\kappa\varepsilon_0 A}{d}V^2$ 이다.
유전체를 뺀 뒤 정전용량은 $C_f = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$ 이고, 전하량은 그대로 $Q = \frac{\kappa\varepsilon_0 A}{d}V$ 이다.
따라서 최종 에너지는 $U_f = \frac{Q^2}{2C_f} = \frac{1}{2}\kappa^2\frac{\varepsilon_0 A}{d}V^2$ 이다.
필요한 일은 에너지 증가분이므로 $W = U_f - U_i = \frac{1}{2}\kappa(\kappa - 1)\frac{\varepsilon_0 A}{d}V^2$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: X. $(\kappa-1)\varepsilon_0 AV^2/(2d)$는 전하가 아니라 전압 V가 끝까지 일정하다고 본 값에 해당한다. 이 문항은 전지를 분리했으므로 고정전하 조건을 써야 하고, 올바른 결과는 $\kappa(\kappa-1)\varepsilon_0 AV^2/(2d)$이다.
2번: X. $(\kappa^2-1)\varepsilon_0 AV^2/(2d)$는 초기 에너지를 $\frac{1}{2}\kappa\varepsilon_0 AV^2/d$가 아니라 $\frac{1}{2}\varepsilon_0 AV^2/d$처럼 잘못 두었을 때 나오는 값이다. 초기에도 유전체가 들어 있으므로 초기 에너지에 κ가 포함되어야 한다.
3번: X. $(\kappa-1)\varepsilon_0 AV^2/(2\kappa d)$는 고정전하 공식을 쓰면서도 전하량을 $Q=C_0V$처럼 진공 축전기의 값으로 잘못 잡았을 때 나오는 값이다. 실제 전하는 충전 순간에 $Q=\kappa C_0V$로 정해진다.
4번: O. 전지를 분리했으므로 Q가 일정하고, 유전체를 빼면 정전용량이 줄어 에너지가 증가한다. 계산하면 $W=\kappa(\kappa-1)\varepsilon_0 AV^2/(2d)$가 되어 정답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 '전지 분리' 조건을 놓치고 전압 일정 문제로 바꾸는 데 있다. 또한 $Q=C_iV$에서 초기 정전용량이 κC_0라는 점을 빼먹으면 3번 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

유전체가 들어간 축전기 문제는 먼저 전지가 연결되어 있는지 분리되었는지를 본다. 연결 상태이면 V 일정, 분리 상태이면 Q 일정으로 놓고 정전용량 변화에 따른 에너지 변화를 계산하면 된다.

암기 포인트

전지 분리 후 유전체 제거는 전하량 일정, 정전용량 감소, 축전기 에너지 증가이다.

NoteBase

문 9. 정지해 있던 양성자 한 개가 100 N/C의 균일한 전기장 안에서 전기장이 작용하는 힘에 의해 전기장과 평행한 방향으로 0.1m 이동한다. 전위의 변화(V)는 얼마인가? (단, 양성자 한 개의 전하량은 $1.6 \times 10^{-19} C$ 이다.)

① +16 V

② -16 V

③ +10 V

④ -10 V

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 균일한 전기장에서 전기장 방향으로 이동할 때 전위 변화가 $\Delta V = -Ed$로 주어진다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $E = 100 N/C$, $d = 0.1 m$
구해야 할 값: 전위의 변화 ΔV
주의할 조건: 양성자는 전기장 방향으로 힘을 받고, 전기장 방향으로 갈수록 전위는 감소한다. 전하량 $1.6 \times 10^{-19} C$는 전위 변화 계산에 직접 필요하지 않다.

사용할 공식

공식: $\Delta V = -Ed$
이 공식을 쓰는 이유: 균일한 전기장에서 이동 방향이 전기장과 평행이므로 전위차의 크기는 전기장 세기와 이동거리의 곱으로 정해지고, 전기장 방향 이동이므로 부호는 음수이다.

계산 과정

1. 전기장과 평행하게 $0.1 m$ 이동하므로 전위 변화의 크기는 Ed이다.
2. $Ed = 100 \times 0.1 = 10$이다.
3. 이동 방향이 전기장 방향과 같으므로 $\Delta V = -10 V$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. +16 V는 전위가 증가한다고 본 오답이다. 양성자가 전기장 방향으로 이동하면 전위는 감소하므로 올바르게는 -10 V이다.
2번: X. -16 V는 전하량을 전위 변화 계산에 잘못 섞거나 지수 계산을 틀린 값이다. 전위 변화는 전하량과 무관하게 $-Ed = -10V$이다.
3번: X. +10 V는 크기만 맞고 부호가 틀린 값이다. 전기장 방향으로 갈수록 전위가 낮아지므로 올바르게는 -10 V이다.
4번: O. $\Delta V = -Ed = -10V$이므로 정답이다.

오답 포인트

전기장 방향과 전위 변화의 부호를 반대로 잡거나, 전하량이 주어졌다는 이유로 q를 전위 변화 식에 억지로 넣으면 틀린다. 이 문항에서 전하량은 힘이나 일과 연결할 때 필요한 값이고, 전위 변화 자체는 E와 d만으로 정해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

균일한 전기장 문제는 먼저 이동 방향이 전기장과 같은지 반대인지 확인한 뒤, 전위 변화는 $\Delta V = -Ed$로 바로 판단한다. 수치 계산 후에는 마지막에 부호를 다시 점검한다.

암기 포인트

전기장 방향으로 이동하면 전위는 감소하므로 $\Delta V = -Ed$이다.

NoteBase

문 10. 2A의 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선이 있다. 이 도선이 길이가 1m이고 반지름이 0.5m인 원통의 중심축을 따라 놓여 있다면, 원통면을 통과하는 자기선속(magnetic flux)은 얼마인가? (단, μ_0는 진공의 투자율이다.)

① $2\mu_0$ Wb

② 2Wb

③ 1Wb

④ 0Wb

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 자기선속 $\Phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$에서 자기장 방향과 면의 법선 방향의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류 $I = 2A$, 원통의 길이 $L = 1m$, 반지름 $r = 0.5m$이다.
구해야 할 값: 원통면을 통과하는 자기선속이다.
주의할 조건: 도선은 원통의 중심축을 따라 놓여 있고, 원통면의 면벡터는 반지름 방향이다.

사용할 공식

사용할 식은 $\Phi = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = \int BdA\cos\theta$이다.
무한 직선도선의 자기장은 도선을 중심으로 한 원주 방향으로 생기므로, 원통면에서는 자기장 $\mathbf{B}$가 면에 접하고 면벡터 $d\mathbf{A}$는 바깥쪽 반지름 방향이어서 두 벡터의 끼인각은 항상 90°이다.

계산 과정

1. 무한 직선도선의 자기장 크기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$로 나타낼 수 있다.
2. 그러나 자기선속은 크기만 곱하는 값이 아니라 $\mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$로 계산한다.
3. 이 문제의 원통면에서는 $\theta = 90^\circ$이므로 $\cos\theta = 0$이다.
4. 따라서 $\Phi = \int BdA\cos 90^\circ = 0$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $2\mu_0 Wb$는 원통의 옆넓이 $2\pi rL$에 자기장 크기 B만 기계적으로 곱하면 나오는 값이지만, 선속에서는 $\cos\theta$를 함께 보아야 한다. 틀린 표현은 선속이 $2\mu_0 Wb$라는 점이고, 올바르게는 자기선속은 $0Wb$이다.
② X: $2Wb$는 ①의 잘못에 더해 μ_0까지 빠뜨린 값이다. 틀린 표현은 선속이 2Wb라는 점이고, 올바르게는 자기선속은 $0Wb$이다.
③ X: $1Wb$는 문제 조건에서 성립할 근거가 없다. 원통면에서는 자기장이 면을 뚫고 지나가지 않으므로 틀린 표현은 선속이 $1Wb$라는 점이고, 올바르게는 자기선속은 $0Wb$이다.
④ O: 원통면의 면벡터는 반지름 방향이고, 무한 직선도선의 자기장은 원주 방향이어서 서로 수직이다. 따라서 $\mathbf{B}\cdot d\mathbf{A}=0$이므로 자기선속은 $0Wb$이다.

오답 포인트

자기장 크기 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$를 구한 뒤 곧바로 옆넓이 $2\pi rL$를 곱해 선속을 계산하는 실수가 가장 흔하다. 이 문항의 함정은 크기 계산이 아니라 자기장이 면을 실제로 통과하는 방향인지부터 보아야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

자기선속 문제는 숫자 대입 전에 **B**의 방향과 면의 법선 방향의 관계를 먼저 판단한다. 자기장이 면에 접하면 선속은 0이고, 면을 수직으로 통과할 때만 BA형 계산이 의미를 가진다.

암기 포인트

무한 직선도선의 자기장은 도선 둘레를 원주 방향으로 돌고, 그 축과 나란한 원통면의 자기선속은 0이다.

NoteBase

문 11. 근점은 사람이 물체를 어려움 없이 초점에 모이게 할 수 있는 가장 짧은 거리이고 정상인의 눈의 근점은 25cm 정도이다. 어떤 사람이 노안으로 인하여 근점이 1m가 되었다면, 이 사람에게 근점을 25cm로 바꾸는 데 필요한 렌즈의 초점거리와 가장 가까운 것은?

① 16.7cm

② 25cm

③ 33.3cm

④ 100cm

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 볼록렌즈가 만드는 가상상을 이용해 노안 교정렌즈의 초점거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 정상 눈의 근점은 25cm이고, 이 사람의 근점은 1m이다.
구해야 할 값: 이 사람이 25cm 거리의 물체를 볼 수 있게 하는 렌즈의 초점거리이다.
주의할 조건: 렌즈는 25cm에 있는 물체를 같은 쪽 1m 위치에 있는 가상상으로 만들어야 한다.

사용할 공식

$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 물체거리와 상거리를 알면 교정렌즈의 초점거리를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

물체는 렌즈 앞 25cm에 있으므로 $d_o=25cm$이다.
보여야 하는 상은 눈과 같은 쪽 1m 위치의 가상상이므로 $d_i=-100cm$이다.
따라서 $\frac{1}{f}=\frac{1}{25}+\frac{1}{-100}=\frac{1}{25}-\frac{1}{100}=\frac{3}{100}$이다.
그러므로 $f=\frac{100}{3}cm\approx 33.3cm$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 계산 결과 초점거리는 33.3cm이다. 16.7cm는 가상상 거리 1m를 실상처럼 잘못 넣어 $\frac{1}{25}+\frac{1}{100}$으로 계산할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 '초점거리 16.7cm'이고, 올바르게는 '가상상 조건을 넣은 초점거리 33.3cm'이다.
2번 X: 25cm는 정상인의 근점이지 이 렌즈의 초점거리가 아니다. 틀린 표현은 '초점거리 25cm'이고, 올바르게는 '25cm 물체를 1m 가상상으로 보이게 하는 초점거리 33.3cm'이다.
3번 O: $d_o = 25cm$, $d_i = -100cm$를 넣으면 $f \approx 33.3cm$가 된다. 초점거리가 양수이므로 가까운 물체를 보기 위한 볼록렌즈 교정과도 맞는다.
4번 X: 100cm는 이 사람의 근점일 뿐 렌즈의 초점거리가 아니다. 틀린 표현은 '초점거리 100cm'이고, 올바르게는 '근점 1m를 이용해 계산한 렌즈의 초점거리 33.3cm'이다.

오답 포인트

근점 1m를 그대로 초점거리로 착각하거나, 가상상을 실상처럼 취급해 상거리 부호를 반대로 넣으면 오답이 나온다. 이 문제의 함정은 '25cm에 있는 물체'와 '1m에 맺히는 가상상'을 같은 거리로 보는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

시력 교정 문제는 먼저 물체를 어디에 두고 상을 어디에 만들어야 하는지 정한 뒤, 그 상이 가상상이면 $d_i < 0$를 넣어 렌즈 공식을 적용하면 된다.

암기 포인트

노안 교정은 가까운 물체를 더 먼 근점 위치의 가상상으로 보내는 볼록렌즈이며, 읽기거리와 근점거리로 초점거리를 계산한다.

NoteBase

문 12. 파장 λ인 음파가 한쪽이 막힌 길이가 L인 관에 1차 진동하는 진동 모드는 아래 그림과 같이 $\lambda/4$이다. 이 음파가 2차 진동하기 위한 한쪽이 막힌 관의 길이 L'는?



① $2L$

② $3L$

③ $4L$

④ $6L$

정답 2번

출제 포인트

한쪽이 막힌 관의 정상파는 관의 길이가 홀수배 $\lambda/4$로만 나타난다는 조건을 이용해 다음 진동 모드의 길이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1차 진동에서 $L = \lambda/4$이다.
구해야 할 값: 같은 파장 λ의 음파가 2차 진동할 때의 관 길이 L'이다.
주의할 조건: 한쪽이 막힌 관은 열린 관과 달리 짝수배 고조파가 없고 $L = (2n-1)\lambda/4$만 허용된다.

사용할 공식

한쪽이 막힌 관의 공명 조건은 $L_n = \frac{(2n-1)\lambda}{4}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제의 관은 한쪽이 막혀 있어 한쪽 끝은 마디, 다른 쪽 끝은 배가 되는 정상파 조건을 만족하기 때문이다.

계산 과정

1. 1차 진동은 첫 번째 허용 모드이므로 $L = \frac{\lambda}{4}$ 이다.
2. 2차 진동은 두 번째 허용 모드이므로 $L' = \frac{3\lambda}{4}$ 이다.
3. 따라서 $L' = 3\left(\frac{\lambda}{4}\right) = 3L$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $2L$는 2차 진동을 단순히 $2 \times \lambda/4$로 본 값이다. 한쪽이 막힌 관에서는 $\lambda/2$ 모드가 허용되지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 '2차 진동의 길이 = $2L$'이고, 올바르게는 '2차 진동의 길이 = $3L$'이다.
② O: 1차에서 $L = \lambda/4$이고 2차에서는 $L' = 3\lambda/4$이다. 따라서 $L' = 3L$이므로 옳다.
③ X: $4L$는 $L' = \lambda$에 해당한다. 한쪽이 막힌 관의 공명 길이는 홀수배 $\lambda/4$만 가능하므로 λ는 이 문제의 2차 진동 길이가 아니다. 틀린 표현은 '2차 진동의 길이 = $4L$'이고, 올바르게는 '2차 진동의 길이 = $3L$'이다.
④ X: $6L$는 $L' = 3\lambda/2$에 해당해 두 번째 허용 모드보다 큰 값이다. 2차 진동은 두 번째 허용 모드인 $3\lambda/4$이므로 틀리다. 틀린 표현은 '2차 진동의 길이 = $6L$'이고, 올바르게는 '2차 진동의 길이 = $3L$'이다.

오답 포인트

한쪽이 막힌 관을 양쪽이 열린 관처럼 생각해 $\lambda/2$ 간격으로 모드가 늘어난다고 착각하면 ①로 흐르기 쉽다. 이 문제의 함정은 '2차 진동'을 '두 번째 허용 모드'가 아니라 '길이가 두 배인 모드'로 오해하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

관의 끝조건을 먼저 본다. 한쪽이 막힌 관이면 허용 길이를 $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$, … 순서로 적고 몇 번째 허용 모드인지만 대응하면 된다.

암기 포인트

한쪽 막힌 관은 홀수배 $\lambda/4$만 허용되므로 1차, 2차, 3차는 각각 $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$이다.

NoteBase

문 13. 주파수 1.0kHz인 음파를 방출하는 장치가 있다. 이 장치가 100m/s의 속력으로 관측자를 향해 다가오고 있고, 관측자 또한 장치를 향해 100m/s의 속력으로 다가가고 있다면, 관측자가 측정하는 음파의 주파수에 가장 가까운 것은? (단, 주어진 속력은 정지된 공기를 기준으로 하며, 음파의 속력은 340m/s로 가정한다.)

① 0.17kHz

② 0.53kHz

③ 1.83kHz

④ 3.42kHz

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 음원과 관측자가 모두 움직일 때의 도플러 효과 공식을 적용해 관측 주파수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 음원 주파수 1.0kHz = 1000 Hz
- 음속 340m/s
- 음원 속도 100m/s
- 관측자 속도 100m/s

구해야 할 값:
- 관측자가 듣는 주파수

주의할 조건:
- 음원과 관측자가 서로 접근하므로 분자는 $v + v_o$, 분모는 $v - v_s$가 된다.

사용할 공식

도플러 효과 식은 $f' = f\frac{v + v_o}{v - v_s}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 관측자가 음원을 향해 움직이면 단위 시간당 만나는 파면 수가 늘어나고, 음원이 관측자를 향해 움직이면 파장이 짧아지기 때문이다.

계산 과정

$f' = 1000 \times \frac{340 + 100}{340 - 100}$
$= 1000 \times \frac{440}{240}$
$= 1833.3\text{Hz}$
따라서 관측 주파수는 약 1.83kHz이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 두 물체가 서로 접근하므로 관측 주파수는 원래 1.0kHz보다 커져야 한다. 0.17kHz는 오히려 크게 감소한 값이므로 성립할 수 없다. 틀린 표현은 "0.17kHz"이고, 올바르게는 "약 1.83kHz"이다.
② X: 0.53kHz는 접근 상황을 후퇴 상황처럼 잘못 처리해 주파수를 낮게 계산한 값에 가깝다. 접근이면 주파수가 증가해야 하므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 "0.53kHz"이고, 올바르게는 "약 1.83kHz"이다.
③ O: 계산 결과가 1.83kHz이므로 정답이다. 음원과 관측자가 모두 접근하면 주파수는 1.0kHz보다 커진다.
④ X: 3.42kHz는 도플러 증가를 과도하게 반영한 값이다. 이 문제의 증가 비율은 $\frac{440}{240} \approx 1.83$배이므로 3.42kHz가 될 수 없다. 틀린 표현은 "3.42kHz"이고, 올바르게는 "약 1.83kHz"이다.

오답 포인트

도플러 효과에서 가장 흔한 실수는 부호를 반대로 넣는 것이다. 이 문제는 서로 접근하는 상황이므로 관측자 항은 분자에서 더하고, 음원 항은 분모에서 빼야 한다. 접근인데도 주파수가 1.0kHz보다 작게 나오면 식 방향을 잘못 넣은 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

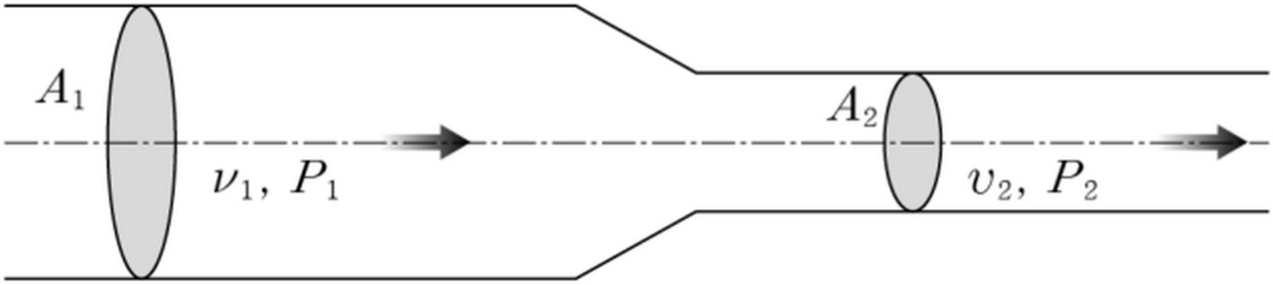
도플러 문제는 먼저 누가 움직이는지 구분한 뒤 관측자 속도는 분자, 음원 속도는 분모에 넣는다. 그다음 접근이면 분자는 더하고 분모는 빼며, 후퇴이면 분자는 빼고 분모는 더해 판단한다.

암기 포인트

도플러 효과는 "관측자 속도는 분자, 음원 속도는 분모"로 기억하고, 접근이면 주파수 증가, 후퇴이면 주파수 감소로 정리한다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 단면적이 A_1에서 A_2로 변하는 수평으로 놓인 긴 관에 일정한 양의 물이 유입되고 있다. 물의 속력과 압력이 단면적이 큰 영역에서 각각 v_1, P_1, 단면적이 작은 영역에서 각각 v_2, P_2라면 각 영역에서 물의 속력과 압력의 크기 관계로 옳은 것은?



① $v_1 > v_2, P_1 > P_2$

② $v_1 > v_2, P_1 < P_2$

③ $v_1 < v_2, P_1 < P_2$

④ $v_1 < v_2, P_1 > P_2$

정답 4번

출제 포인트

수평 관에서 단면적이 변할 때 연속방정식과 베르누이 방정식으로 속력과 압력의 증감을 함께 판단하는 문제이다.

핵심 개념

비압축성 유체가 정상적으로 흐르면 유량이 일정하므로 $A_1v_1 = A_2v_2$이다.
또한 관이 수평이므로 높이항이 같아 $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$가 성립한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $A_1 > A_2$이므로 연속방정식에서 $v_1 < v_2$가 되어 "$v_1 > v_2$"가 틀리다.
- 속력 관계를 바로잡으면 $v_1 < v_2$이다. 압력 관계 $P_1 > P_2$ 자체는 맞지만 앞부분이 틀려 선지 전체는 틀리다.

② X
- $A_1 > A_2$인데 "$v_1 > v_2$"라고 하여 연속방정식에 어긋난다.
- 또한 수평관에서는 속력이 큰 쪽의 압력이 더 작으므로 압력은 $P_1 > P_2$가 되어야 한다. 올바르게는 $v_1 < v_2$, $P_1 > P_2$이다.

③ X
- 속력 관계 $v_1 < v_2$는 맞다.
- 그러나 "$P_1 < P_2$"가 틀리다. 수평관에서 속력이 큰 좁은 부분의 압력이 더 작으므로 올바르게는 $P_1 > P_2$이다.

④ O
- $A_1 > A_2$이므로 $v_1 < v_2$이다.
- 수평관에서 베르누이 방정식을 적용하면 속력이 더 큰 좁은 부분의 압력이 더 작아 $P_1 > P_2$가 된다.

오답 포인트

단면적이 줄면 유속이 커진다는 사실만 기억하고 압력도 함께 커진다고 오해하기 쉽다. 이 문항은 좁은 관일수록 유속은 커지고 정압은 작아진다는 관계를 함께 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

수평의 비압축성 관 흐름이 보이면 먼저 Av 일정으로 속력의 대소를 정하고, 그다음 속력이 큰 쪽의 압력이 더 작다는 순서로 판단한다.

암기 포인트

넓은 곳은 느리고 압력이 크며, 좁은 곳은 빠르고 압력이 작다.

NoteBase

문 15. 부피 10 L, 온도 293K, 압력 760mmHg(1 기압)인 이상기체를 온도 373K, 부피 5.4 L가 되도록 가열 및 압축시켰다. 이때 기체의 압력은 얼마인가? (단, 소수점 이하는 반올림 한다.)

① 1013mmHg

② 1792mmHg

③ 4128mmHg

④ 7600mmHg

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 일정한 몰수의 이상기체에 대해 결합기체법칙 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$을 적용하여 최종 압력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 초기 부피 10 L, 초기 온도 293K, 초기 압력 760mmHg, 최종 온도 373K, 최종 부피 5.4 L이다.
구해야 할 값은 최종 압력 P_2이다.
기체의 몰수는 일정하므로 $\frac{PV}{T}$가 일정하다는 조건을 사용한다.

사용할 공식

사용할 공식은 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 같은 기체를 가열하면서 압축한 상황이므로 압력, 부피, 절대온도 사이의 결합관계를 한 번에 써야 하기 때문이다.

계산 과정

공식에서 P_2를 정리하면 $P_2 = P_1 \times \frac{V_1}{V_2} \times \frac{T_2}{T_1}$이다.
이를 대입하면 $P_2 = 760 \times \frac{10}{5.4} \times \frac{373}{293}$이다.
계산하면 $P_2 \approx 1791.68mmHg$이고, 소수점 이하는 반올림하므로 1792mmHg가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
1013mmHg는 계산 결과와 맞지 않는다.
틀린 표현은 최종 압력이 1013mmHg라는 값 자체이다.
올바르게는 최종 압력은 약 1792mmHg이다.
이 값은 온도 상승 효과만 대략 반영하거나 압축 효과를 충분히 반영하지 못했을 때 떠올리기 쉬운 오답이다.

② O
결합기체법칙으로 계산한 값이 $1791.68 mmHg$이므로 반올림하면 1792mmHg이다.
따라서 ②가 정답이다.

③ X
4128mmHg는 계산 결과보다 지나치게 크다.
틀린 표현은 최종 압력이 4128mmHg라는 값 자체이다.
올바르게는 최종 압력은 약 1792mmHg이다.
이 값은 비율을 곱하는 과정에서 분모와 분자를 뒤바꾸거나 온도비와 부피비를 중복 과장했을 때 나올 수 있는 오답이다.

④ X
7600mmHg는 초기 압력 760mmHg에 부피비 10만 단순 곱한 수준의 값으로, 온도와 최종 부피 조건을 정확히 함께 반영한 결과가 아니다.
틀린 표현은 최종 압력이 7600mmHg라는 값 자체이다.
올바르게는 최종 압력은 약 1792mmHg이다.
부피 변화만 보고 계산하면 생기기 쉬운 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 섭씨온도가 아니라 절대온도 K를 써야 한다는 점과, 압축에 따른 $\frac{V_1}{V_2}$ 비율을 빠뜨리기 쉽다는 점이다.
온도 변화와 부피 변화를 따로 보지 않고 결합기체법칙으로 한 번에 묶어야 오답을 피할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

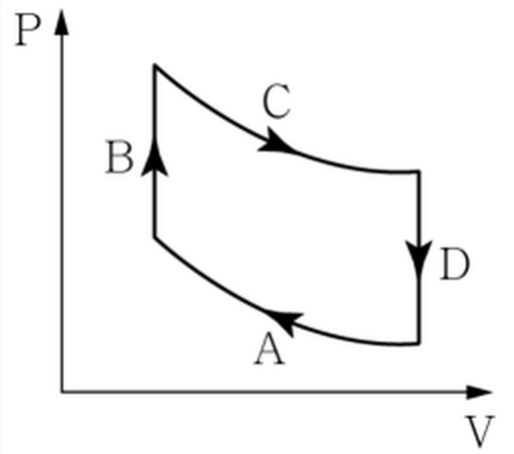
기체 상태량 계산 문제는 먼저 절대온도 사용 여부를 확인하고, 같은 기체인지 확인한 뒤 $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$로 정리해 압력비, 부피비, 온도비를 한 번에 계산하면 된다.

암기 포인트

같은 기체의 상태 변화는 $\frac{PV}{T}$ 일정, 온도는 반드시 K 기준이라는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 16. 가솔린 내연기관의 작동은 압력-부피 도표에서 그림과 같이 나타낼 수 있다. 내연기관이 외부로부터 일을 받는 구간은 어디인가?



① A

② B

③ C

④ D

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 가솔린 기관의 압력-부피 도표에서 화살표 방향을 따라 부피가 감소하는 압축 구간을 찾아 외부가 기체에 일을 하는 때를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O: A는 오른쪽에서 왼쪽으로 진행하여 부피가 감소하는 압축 구간이다. $W = \int PdV$에서 $dV < 0$이므로 기체가 한 일은 음수이고, 그만큼 외부가 기체에 일을 한다.

② X: B는 부피가 일정한 등적 과정이므로 $dV = 0$이고 경계일이 0이다. 틀린 표현은 '외부로부터 일을 받는 구간이 B'라는 판단이다. 올바르게는 압축으로 부피가 줄어드는 A 구간이다.

③ X: C는 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하여 부피가 증가하는 팽창 구간이다. 이때는 기체가 외부에 일을 한다. 틀린 표현은 '외부로부터 일을 받는 구간이 C'라는 판단이다. 올바르게는 부피가 감소하는 A 구간에서 외부가 기체에 일을 한다.

④ X: D도 부피가 일정한 등적 과정이므로 경계일이 0이다. 틀린 표현은 '외부로부터 일을 받는 구간이 D'라는 판단이다. 올바르게는 등적 과정인 D가 아니라 압축 과정인 A가 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

압력-부피 도표에서는 압력이 커지는지보다 부피가 늘어나는지 줄어드는지를 먼저 봐야 한다. 위쪽으로 올라가는 B를 압축으로 착각하기 쉽지만, 일의 방향은 세로 이동이 아니라 가로 방향의 부피 변화가 결정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

압력-부피 도표에서 외부가 계에 일을 하는 구간은 화살표를 따라 갈 때 부피가 감소하는 구간이다. 부피가 증가하면 계가 외부에 일을 하고, 부피가 일정하면 일은 0이 된다.

암기 포인트

압축은 부피 감소이므로 외부가 기체에 일을 하고, 팽창은 부피 증가이므로 기체가 외부에 일을 한다.

NoteBase

문 17. 질량 50 g인 구리 총알이 320m/s 속력으로 날아가 큰 물체에 박혔다. 이 총알의 운동에너지 절반이 총알의 내부에너지로 전환되었다면 총알의 온도는 얼마나 올라가는가? (단, 구리의 비열은 400 J/kg·K로 하고 중력가속도는 10m/s^2으로 한다.)

① 12K

② 32K

③ 64K

④ 256K

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 운동에너지의 일부가 열에너지로 전환될 때 $Q = mc\Delta T$를 이용해 온도 상승량을 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 질량 $m = 50g = 0.05kg$, 속력 $v = 320m/s$, 구리의 비열 $c = 400J/(kg \cdot K)$
구해야 할 값: 총알의 온도 상승량 ΔT
주의할 조건: 운동에너지의 절반만 총알의 내부에너지로 전환된다. 중력가속도는 이 계산에 필요하지 않다.

사용할 공식

운동에너지 $K = \frac{1}{2}mv^2$, 열량 $Q = mc\Delta T$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 충돌 전 총알의 운동에너지 중 절반이 총알의 내부에너지 증가분 Q가 되므로, 먼저 운동에너지를 구한 뒤 그 값을 열량식에 대입하면 온도 상승량을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

1. 총알의 초기 운동에너지는 $K = \frac{1}{2} \times 0.05 \times 320^2 = 2560J$ 이다.
2. 이 중 절반이 내부에너지로 바뀌므로 $Q = \frac{2560}{2} = 1280J$ 이다.
3. 열량식 $Q = mc\Delta T$에서 $\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{1280}{0.05 \times 400} = \frac{1280}{20} = 64K$ 이다.

선지별 해설

① X: $12K$는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 운동에너지의 절반 $1280J$를 비열식에 넣어 $64K$가 되어야 한다.
② X: $32K$는 계산 결과의 절반이다. 절반 처리는 운동에너지에서 이미 한 번 했으므로, 다시 온도 상승량을 반으로 줄이면 안 된다. 올바르게는 $64K$이다.
③ O: 총알의 운동에너지 절반이 $1280J$이고, 이를 $Q = mc\Delta T$에 대입하면 $\Delta T = 64K$가 되므로 옳다.
④ X: $256K$는 질량 $0.05kg$를 잘못 처리하거나 절반 조건을 무시할 때 나오는 값이다. 올바르게는 $64K$이다.

NoteBase

오답 포인트

질량 $50g$을 $0.05kg$로 바꾸지 않거나, 운동에너지의 절반 조건을 두 번 적용하거나 아예 빼먹으면 오답이 나온다. 문제에 적힌 중력가속도 g를 괜히 끌어오는 것도 전형적인 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

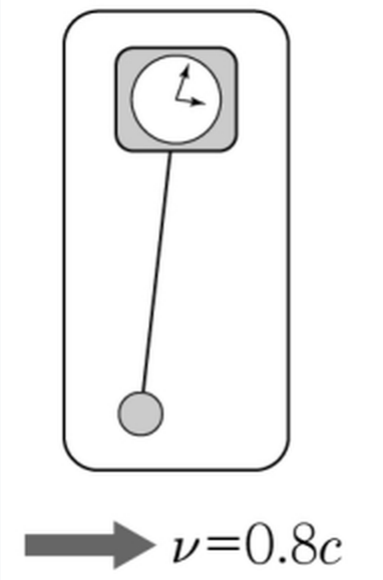
충돌 뒤 온도 상승을 묻는 계산형 문항은 에너지 전환 비율을 먼저 확인하고, 운동에너지 계산 후 $Q = mc\Delta T$로 연결해 판단한다. 계산 전에 질량 단위를 kg로 바꾸었는지도 함께 점검한다.

암기 포인트

온도 상승 문제는 전환된 에너지 Q를 먼저 정하고, 마지막에 $\Delta T = Q/(mc)$로 마무리한다.

NoteBase

문 18. 시계의 기준틀에서 측정한 시계추의 주기가 1초였다. 시계에 대해 0.8c의 속력으로 움직이는 관측자가 측정한 시계추의 주기와 가장 가까운 것은? (단, c는 빛의 속력이다.)



① 0.42초

② 0.6초

③ 1.2초

④ 1.67초

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 고유주기와 시간 지연 공식을 이용해 움직이는 관측자가 측정한 시계추의 주기를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 시계의 기준틀에서 측정한 주기 $T_0 = 1s$, 상대속력 $v = 0.8c$이다.
- 구해야 할 값: 시계에 대해 $0.8c$의 속력으로 움직이는 관측자가 측정한 주기 T이다.
- 주의할 조건: 기준틀에서 잰 주기 T_0는 고유주기이므로, 움직이는 관측자는 더 긴 주기 $T = \gamma T_0$를 측정한다.

사용할 공식

$T = \gamma T_0, \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

이 공식을 쓰는 이유는 시계와 함께 있는 기준틀에서 잰 시간이 고유시간이고, 그 시계가 움직인다고 보는 관측자는 시간 지연 때문에 더 긴 시간을 측정하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 속력 비를 대입하면 $v/c = 0.8$이다.
2. 로런츠 인자는 $\gamma = 1/\sqrt{1-0.8^2} = 1/\sqrt{0.36} = 1/0.6 = 5/3$이다.
3. 따라서 측정 주기는 $T = \gamma T_0 = (5/3) \times 1s = 5/3s \approx 1.67s$이다.

선지별 해설

① X
- 0.42초는 고유주기 1초보다 더 짧은 값인데, 시간 지연에서는 움직이는 시계의 주기가 짧아지지 않고 길어진다.
- 틀린 표현은 "0.42초"이다. 올바르게는 약 1.67초이다.

② X
- 0.6초는 $\sqrt{1-v^2/c^2} = 0.6$만 읽고 $T = T_0\sqrt{1-v^2/c^2}$처럼 거꾸로 계산한 값이다.
- 틀린 표현은 "0.6초"이다. 올바르게는 $T = T_0/0.6 \approx 1.67s$이다.

③ X
- 1.2초는 시간 지연을 단순한 선형 증가로 오해한 값이다. 상대론적 시간 지연은 γ를 곱해야 하므로 20% 증가가 아니라 약 66.7% 증가이다.
- 틀린 표현은 "1.2초"이다. 올바르게는 약 1.67초이다.

④ O
- $\gamma = 5/3$이므로 관측자가 측정한 주기는 $T = (5/3)s \approx 1.67s$이다.
- 계산 결과가 1.67초이므로 옳은 선지이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 고유시간과 움직이는 계에서 측정한 시간을 뒤집는 실수이다. 이 문항에서는 ②처럼 $\sqrt{1-v^2/c^2}$를 곱해 시간을 줄이거나, ③처럼 상대론 효과를 선형 보정으로 처리하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

시계 자신의 기준틀에서 잰 시간이 주어지면 그것이 고유시간인지부터 확인한다. 그다음 움직이는 관측자가 잰 시간을 묻는 문항이면 반드시 $T = \gamma T_0$ 꼴로 주기가 늘어난다고 판단한다.

암기 포인트

고유시간은 가장 짧고, 움직이는 시계는 느리게 간다.

NoteBase

문 19. 광전효과를 이용하여 일함수가 4.0eV인 금속으로부터 전자를 튀어나오게 하기 위한 입사파의 차단 파장길이(cutoff wavelength)는 얼마인가? (단, 플랑크 상수 $h = 4.0 \times 10^{-15}\text{eV} \cdot \text{s}$, 빛의 속력 $c = 3.0 \times 10^{8}\text{m/s}$으로 계산한다.)

① 300nm

② 533nm

③ 1066nm

④ 1200nm

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 광전효과에서 일함수와 광자 에너지의 관계를 이용해 차단 파장 λ_0를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 일함수 4.0 eV, 플랑크 상수 $h = 4.0 \times 10^{-15}\text{eV} \cdot \text{s}$, 빛의 속력 $c = 3.0 \times 10^{8}\text{m/s}$
구해야 할 값: 전자를 막 튀어나오게 하는 차단 파장
주의할 조건: 차단 파장에서는 광자 에너지와 일함수가 정확히 같아진다.

사용할 공식

광전효과의 문턱 조건은 $\frac{hc}{\lambda_0} = W$이다.
따라서 차단 파장은 $\lambda_0 = \frac{hc}{W}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 차단 파장에서 전자의 운동에너지가 0이 되고, 입사광의 에너지가 금속의 일함수와 정확히 같아지기 때문이다.

계산 과정

1. 먼저 hc를 계산하면 $(4.0 \times 10^{-15})(3.0 \times 10^{8}) = 1.2 \times 10^{-6}\text{eV} \cdot \text{m}$이다.
2. 이를 일함수 4.0eV로 나누면 $\lambda_0 = \frac{1.2 \times 10^{-6}}{4.0} = 3.0 \times 10^{-7}\text{m}$이다.
3. 단위를 바꾸면 $3.0 \times 10^{-7}\text{m} = 300\text{nm}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 300nm이므로 차단 파장으로 맞다. 이 파장에서는 광자 에너지가 정확히 4.0eV가 된다.
② X: 533 nm는 차단 파장이 아니다. $\lambda = 533\text{nm}$이면 광자 에너지는 $E = \frac{hc}{\lambda} \approx 2.25\text{eV}$로 일함수 4.0 eV보다 작다. 틀린 표현은 '차단 파장이 533 nm이다'라는 부분이며, 올바르게는 '차단 파장은 300 nm이다'이다.
③ X: 1066 nm는 차단 파장이 아니다. 이때 광자 에너지는 약 1.13eV이므로 전자를 방출시킬 수 없다. 틀린 표현은 '차단 파장이 1066 nm이다'라는 부분이며, 올바르게는 '차단 파장은 300 nm이다'이다.
④ X: 1200 nm는 차단 파장이 아니다. 이때 광자 에너지는 1.0eV에 불과하여 일함수에 한참 못 미친다. 틀린 표현은 '차단 파장이 1200 nm이다'라는 부분이며, 올바르게는 '차단 파장은 300 nm이다'이다.

오답 포인트

파장이 길수록 광자 에너지는 작아진다는 역비례 관계를 놓치기 쉽다. 또한 hc를 먼저 계산하지 않고 숫자를 임의로 조합하면 500 nm대나 1000 nm대 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

광전효과에서 차단 파장을 묻는 문제는 문턱 조건 $\frac{hc}{\lambda_0} = W$를 먼저 세우고, hc 계산 후 일함수로 나눈 다음 마지막에 m를 nm로 바꾸어 선지와 비교하면 된다.

암기 포인트

광전효과의 차단 파장은 '광자 에너지 = 일함수'가 되는 파장이며, 일함수가 클수록 차단 파장은 더 짧아진다.

NoteBase

문 20. 다음 중 물질의 파동성과 가장 관련이 없는 것은 무엇인가?

① 수소 원자의 불연속적인 흡수선 스펙트럼

② 이중 슬릿을 통과하는 전자 다발의 간섭 무늬

③ 하이젠베르크의 불확정성의 원리

④ 광전자 방출에 대한 하한(문턱) 주파수 존재

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 물질파와 직접 연결되는 현상과 빛의 입자성을 보여 주는 현상을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

물질의 파동성은 전자처럼 물질 입자도 드브로이 물질파를 가져 간섭, 회절, 정상파 조건, 불확정성 같은 파동적 성질을 보인다는 뜻이다.
광전효과의 문턱 주파수는 빛이 에너지 $E = h\nu$를 가진 광자로 작용한다는 점을 보여 주는 현상으로, 핵심은 빛의 입자성이다.
수소 원자의 선스펙트럼, 전자 이중슬릿 간섭, 불확정성 원리는 모두 전자의 파동적 기술과 연결되지만,
광전효과의 문턱 주파수는 물질파보다 광자의 양자성에 초점이 있다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 물리학개론 · 2016 · 6월

선지별 해설

① X
수소 원자의 불연속적 흡수선 스펙트럼은 전자 궤도가 임의가 아니라 허용된 에너지 준위만 가진다는 뜻이고, 이는 전자를 핵 주위의 정상파로 보는 물질파 관점과 연결된다.
틀린 부분은 이 선지를 '물질의 파동성과 관련이 없는 것'으로 보는 판단이다.
올바르게는 물질의 파동성과 관련이 있는 현상이다.

② X
전자 다발이 이중 슬릿을 지나 간섭 무늬를 만드는 것은 전자가 파동처럼 중첩되고 간섭한다는 직접적인 증거이다.
틀린 부분은 이 선지를 '관련이 없는 것'으로 보는 판단이다.
올바르게는 물질의 파동성을 가장 대표적으로 보여 주는 현상이다.

③ X
하이젠베르크의 불확정성 원리는 입자를 짧은 파장 성분들의 파동묶음으로 기술할 때 위치와 운동량을 동시에 임의 정밀도로 정할 수 없다는 내용으로, 물질파 해석과 깊게 연결된다.
틀린 부분은 이 선지를 '관련이 없는 것'으로 보는 판단이다.
올바르게는 물질의 파동성과 관련이 있는 원리이다.

④ O
광전자 방출의 문턱 주파수는 입사빛의 세기가 아니라 진동수에 따라 방출 여부가 결정된다는 사실로, 빛이 광자 형태로 에너지를 전달한다는 점을 보여 준다.
따라서 이 현상은 물질의 파동성보다 빛의 입자성과 더 직접적으로 관련되므로 정답이다.

오답 포인트

양자역학에 등장한다는 공통점만 보고 ①, ③, ④를 모두 비슷한 현상으로 묶으면 오답이 된다. ④는 '전자 방출'이라는 결과 때문에 물질 쪽 현상처럼 보이지만, 문턱 주파수의 본질은 전자가 아니라 입사한 빛의 광자성에 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지가 간섭, 회절, 정상파, 물질파, 파동묶음과 연결되면 물질의 파동성 쪽으로 판단한다. 반대로 광전효과, 콤프턴 효과처럼 빛이 광자 에너지를 입자처럼 전달하는 현상이면 빛의 입자성 쪽으로 판단한다.

암기 포인트

전자의 간섭은 물질파, 광전효과의 문턱 주파수는 광자성이다.

NoteBase