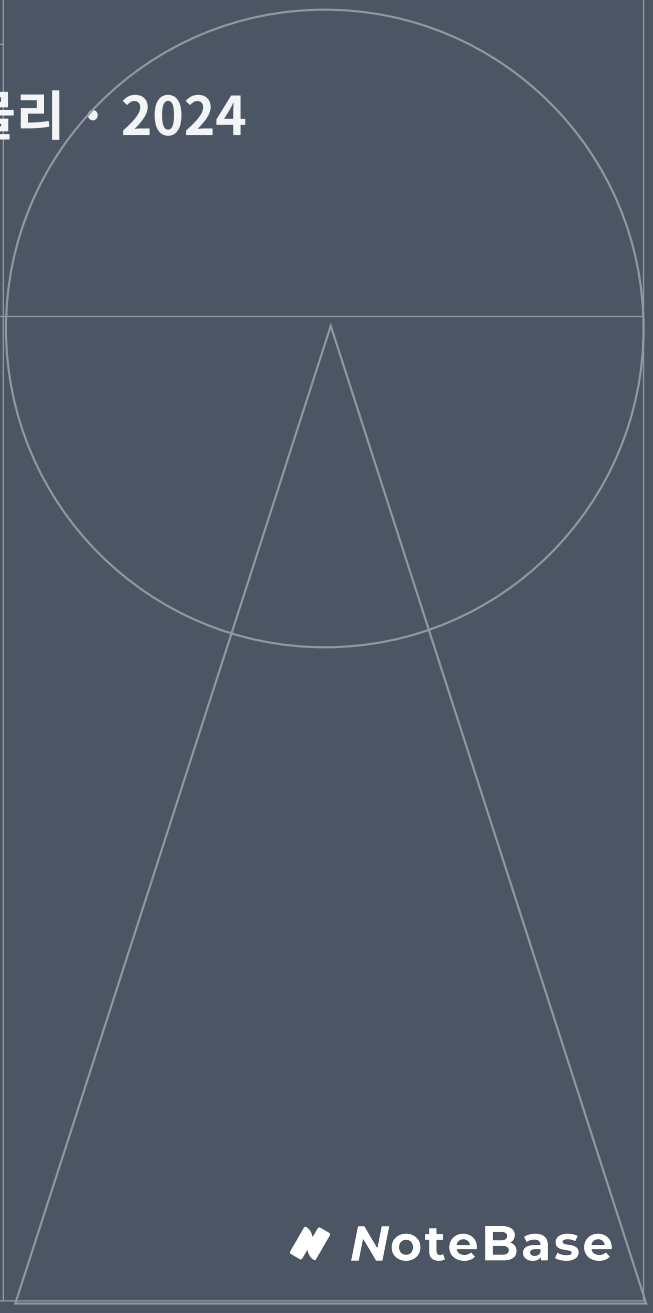
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2024



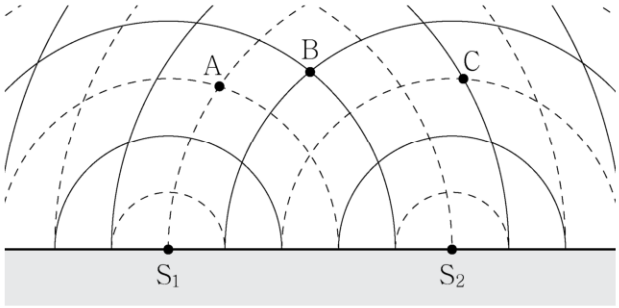
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2024

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2024

1. 그림은 두 점파원 S_1, S_2에서 동시에 발생한 두 수면파의 어느 순간의 모습을 평면상에 나타낸 것이다. A, B, C 위치에서의 간섭현상을 바르게 나열한 것은? (단, 실선은 마루, 점선은 골을 나타낸다)



(가) 보강 간섭 (나) 상쇄 간섭

	A	B	C
①	(가)	(가)	(나)
②	(가)	(나)	(가)
③	(나)	(가)	(나)
④	(나)	(나)	(가)

정답 1번

출제 포인트

실선은 마루, 점선은 골을 나타낸다. 두 파동의 마루와 마루 또는 골과 골이 만나면 보강 간섭이 일어나고, 마루와 골이 만나면 상쇄 간섭이 일어난다. 그림에서 A는 점선끼리, B는 실선끼리, C는 실선과 점선이 만나는 위치이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — A에서는 골과 골이 만나 보강 간섭, B에서는 마루와 마루가 만나 보강 간섭, C에서는 마루와 골이 만나 상쇄 간섭이 일어나므로 (가), (가), (나)가 옳다.
② X — B를 (나), C를 (가)로 나타낸 부분이 틀렸다. 올바르게는 B가 (가) 보강 간섭이고 C가 (나) 상쇄 간섭이므로 A, B, C는 (가), (가), (나)이다.
③ X — A를 (나)로 나타낸 부분이 틀렸다. A에서는 두 점선, 즉 골과 골이 만나므로 (가) 보강 간섭이다. 올바르게는 A, B, C가 (가), (가), (나)이다.
④ X — A를 (나), B를 (나), C를 (가)로 나타낸 부분이 모두 틀렸다. 올바르게는 A와 B가 (가) 보강 간섭이고 C가 (나) 상쇄 간섭이다.

오답 포인트

실선이나 점선 자체를 각각 보강·상쇄 간섭으로 오해하기 쉽다. 간섭의 종류는 선 하나의 모양이 아니라 한 점에서 두 파동이 어떤 위상으로 만나는지로 판단한다. 같은 종류의 선끼리 만나면 보강 간섭이고, 서로 다른 종류의 선이 만나면 상쇄 간섭이다.

다시 나오면 이렇게 판단

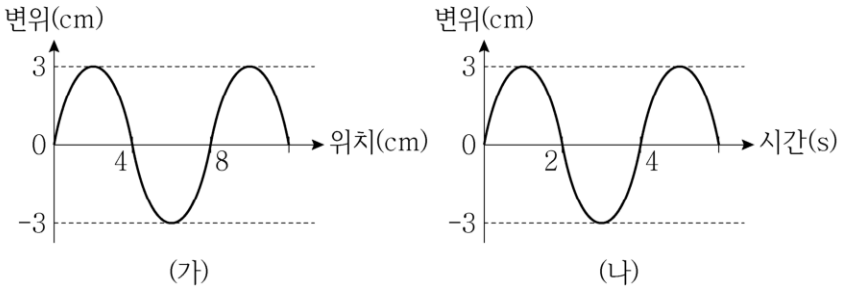
각 지점에서 두 점파원에서 온 파면의 선 종류를 하나씩 확인한다. 실선·실선 또는 점선·점선이면 같은 위상이므로 보강 간섭, 실선·점선이면 반대 위상이므로 상쇄 간섭으로 판단한다.

암기 포인트

같은 선끼리 만나면 보강, 다른 선끼리 만나면 상쇄이다.

NoteBase

2. 일정한 속력으로 진행하는 파동에 대해 (가)는 위치에 따른 변위 그래프이고, (나)는 시간에 따른 변위 그래프이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 진폭은 6 cm이다.
② 파장은 8 cm이다.
③ 속력은 4 cm/s이다.
④ 진동수는 0.5 Hz이다.

정답 2번

출제 포인트

위치에 따른 변위 그래프에서 진폭과 파장을, 시간에 따른 변위 그래프에서 주기를 읽고, $v = \lambda/T = f\lambda$로 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 최대 변위는 $+3cm$, 최소 변위는 $-3cm$이다. 공간 그래프에서 같은 위상인 영점이 $x = 0cm$와 $x = 8cm$에 있고, 시간 그래프에서 같은 위상인 영점이 $t = 0s$와 $t = 4s$에 있다.
구해야 할 값: 진폭 A, 파장 λ, 주기 T, 진동수 f, 속력 v이다.
주의할 조건: 진폭은 최대 변위와 최소 변위의 차가 아니라 평형 위치에서 최대 변위까지의 거리이다.

사용할 공식

$A = |y_{max}|$
$f = \frac{1}{T}$
$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$
일정한 속력으로 진행하는 파동이므로 한 주기 동안 한 파장만큼 진행하여 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 그래프의 최대 변위가 $+3cm$이므로 진폭은 $A = 3cm$이다.
2. 공간 그래프에서 같은 위상으로 반복되는 거리가 $8cm$이므로 파장은 $\lambda = 8cm$이다.
3. 시간 그래프에서 같은 위상으로 반복되는 시간이 $4s$이므로 주기는 $T = 4s$이다.
4. 진동수는 $f = 1/T = 1/4 = 0.25Hz$이다.
5. 속력은 $v = \lambda/T = 8cm/4s = 2cm/s$이다.

선지 판단

① X — 진폭을 $6cm$라고 한 부분이 틀렸다. $6cm$는 최대 변위와 최소 변위 사이의 전체 폭이고, 올바른 진폭은 $3cm$이다.
② O — 공간 그래프에서 같은 위상인 영점 $x = 0cm$와 $x = 8cm$ 사이의 거리가 한 파장이므로 파장은 $8cm$이다.
③ X — 속력을 $4cm/s$라고 한 부분이 틀렸다. 올바른 속력은 $v = \lambda/T = 8/4 = 2cm/s$이다.
④ X — 진동수를 $0.5Hz$라고 한 부분이 틀렸다. $2s$는 반주기이므로 주기는 $4s$이고, 올바른 진동수는 $0.25Hz$이다.
따라서 옳은 설명은 ②이다.

오답 포인트

①은 꼭대기와 골 사이의 거리 $6cm$를 진폭으로 착각하게 만든다. ④는 시간축의 다음 영점인 $2s$를 한 주기로 착각하게 만든다. 두 영점에서 그래프가 진행하는 방향이 반대이면 그 간격은 반주기이고, 같은 방향으로 지나는 영점 사이가 한 주기이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 평형 위치에서 꼭대기까지의 거리로 진폭을 구한다. 다음으로 공간 그래프와 시간 그래프에서 같은 위상이 반복되는 간격을 각각 파장과 주기로 읽는다. 마지막으로 $f = 1/T$, $v = \lambda/T$를 적용하고 단위를 확인한다.

암기 포인트

진폭은 높이의 절반, 파장은 공간의 반복 간격, 주기는 시간의 반복 간격이다. $f = 1/T$, $v = f\lambda$이다.

NoteBase

3. 이상적인 변압기에서 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비가 2 : 1이고, 1차 코일의 교류 전압이 220 V일 때, 2차 코일에 유도되는 전압의 크기[V]는?
① 55
② 110
③ 220
④ 440

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 변압기에서 코일의 감은 수의 비와 전압의 비가 같다는 원리를 이용해 2차 코일의 유도 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1차 코일과 2차 코일의 감은 수의 비는 $N_1 : N_2 = 2 : 1$이고, 1차 전압은 $V_1 = 220V$이다.
구해야 할 값: 2차 코일의 유도 전압 V_2이다.
주의할 조건: 감은 수가 더 적은 2차 코일의 전압은 1차 전압보다 작아진다.

사용할 공식

이상적인 변압기에서는 다음 관계가 성립한다.
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$
따라서 $V_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1}$이다. 이상적인 변압기에서는 각 코일에 유도되는 전압이 그 코일의 감은 수에 비례하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 감은 수의 비에서 $N_2/N_1 = 1/2$임을 확인한다.
2. 공식에 값을 대입한다.
$V_2 = 220V \times \frac{1}{2} = 110V$
3. 2차 코일의 감은 수가 1차 코일의 절반이므로 전압도 절반인 $110V$가 된다.

선지 판단

① X — $55V$는 계산 결과와 다르다. 감은 수의 비 1/2를 두 번 적용한 값이며, 올바르게는 $110V$이다.
② O — 계산 결과가 $110V$이므로 옳다.
③ X — $220V$는 감은 수의 비를 반영하지 않은 1차 전압이다. 올바르게는 1차 전압의 절반인 $110V$이다.
④ X — $440V$는 감은 수의 비를 거꾸로 적용한 값이다. 올바르게는 $220V \times (1/2) = 110V$이다.

NoteBase

오답 포인트

핵심 함정은 감은 수의 비를 어느 방향으로 적용하는지 혼동하는 것이다. 2차 코일의 감은 수가 더 적으므로 2차 전압은 커지는 것이 아니라 작아져야 한다. 따라서 $220V$보다 큰 ④의 $440V$는 계산 전에도 제외할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

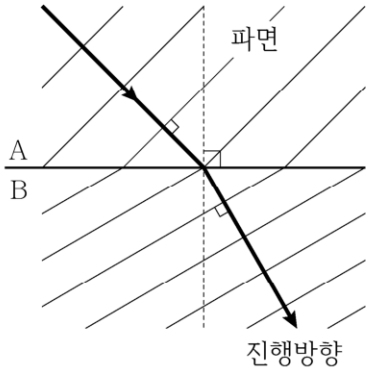
먼저 구하려는 쪽의 감은 수를 분자에 두어 $V_2 = V_1(N_2/N_1)$로 계산한다. 이어서 감은 수가 줄었으면 전압도 줄었는지 확인하여 비의 방향을 검산한다.

암기 포인트

이상적인 변압기에서는 전압비와 감은 수의 비가 같다: $V_1 : V_2 = N_1 : N_2$.

NoteBase

4. 그림은 매질 A에서 매질 B로 평면파가 진행하는 것을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① A의 굴절률이 B의 굴절률보다 크다.
② A에서의 속력이 B에서의 속력보다 작다.
③ A에서의 진동수는 B에서의 진동수와 같다.
④ A에서의 입사각이 B에서의 굴절각보다 작다.

정답 3번

출제 포인트

매질의 경계에서 굴절할 때 파면 간격으로 파장을, 진행 방향과 법선이 이루는 각으로 굴절 방향을 판단하고, 진동수는 변하지 않는다는 점을 확인하는 문제이다. 그림에서 B의 파면 간격은 A보다 좁고, B의 진행 방향은 법선 쪽으로 꺾여 있다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 그림에서 진행 방향을 따라 잰 인접한 파면 사이의 간격은 B보다 A에서 더 넓으므로 A의 파장이 더 길다. 굴절 전후의 진동수는 같고 $v = f\lambda$이므로 속력도 A에서 더 크다. 같은 기준에서 굴절률은 파동 속력에 반비례하므로 굴절률은 A보다 B에서 더 크다. 따라서 'A의 굴절률이 B의 굴절률보다 크다'는 표현은 틀렸다.

② X — B에서 파면 간격이 더 좁으므로 파장이 더 짧다. 경계면을 지나도 진동수는 같고 $v = f\lambda$이므로 속력은 B보다 A에서 크다. 'A에서의 속력이 B에서의 속력보다 작다'는 표현은 틀렸으며, 올바르게는 'A에서의 속력이 B에서의 속력보다 크다'이다.

③ O — 파동의 진동수는 파원에 의해 정해지므로 다른 매질로 굴절해 들어가도 변하지 않는다. 따라서 A에서의 진동수와 B에서의 진동수는 같다.

④ X — 입사각과 굴절각은 각각 진행 방향과 경계면의 법선이 이루는 각이다. 그림에서 B의 진행 방향이 법선 쪽으로 꺾였으므로 B의 굴절각이 A의 입사각보다 작다. 'A에서의 입사각이 B에서의 굴절각보다 작다'는 표현은 틀렸으며, 올바르게는 'A에서의 입사각이 B에서의 굴절각보다 크다'이다.

오답 포인트

파면과 진행 방향을 혼동하기 쉽다. 진행 방향은 파면에 수직이며, 입사각과 굴절각은 경계면이 아니라 법선을 기준으로 잰다. 또한 굴절할 때 속력과 파장은 달라질 수 있지만 진동수는 변하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

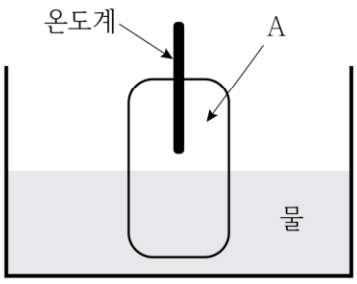
먼저 파면에 수직인 진행 방향을 확인하고 법선을 기준으로 꺾인 방향을 비교한다. 다음으로 파면 간격을 파장으로 읽고, 경계 통과 전후의 진동수는 같다는 조건과 $v = f\lambda$을 연결한다.

암기 포인트

굴절에서는 진동수는 그대로이고, 속력과 파장은 같은 비율로 변한다. 법선 쪽으로 꺾이면 굴절각·속력·파장이 더 작아진다.

NoteBase

5. 그림과 같이 이상기체 A가 들어있는 밀폐된 용기를 뜨거운 물 속에 넣었더니, A의 온도가 증가하였다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 용기의 부피는 변함없다)



① A는 용기에 일을 한다.
② A의 내부에너지는 증가한다.
③ A의 분자의 운동에너지는 일정하다.
④ A가 용기에 가하는 압력은 변하지 않는다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 뜨거운 물에서 이상기체 A로 열이 전달되어 온도가 상승할 때, 밀폐된 일정 부피 용기에서 일·내부에너지·분자 운동에너지·압력이 어떻게 변하는지를 판단하는 문제이다. 도식과 조건에서 용기의 부피가 변하지 않는다는 점이 핵심이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
용기의 부피가 변하지 않으므로 기체의 경계일은 $W = \int PdV = 0$이다. 틀린 표현 'A는 용기에 일을 한다'는 'A는 용기에 경계일을 하지 않는다'로 고쳐야 한다.

② O
이상기체 A는 뜨거운 물로부터 열을 받아 온도가 상승한다. 이상기체의 내부에너지는 온도만의 함수이므로 온도가 증가하면 내부에너지도 증가한다.

③ X
이상기체 분자의 평균 운동에너지는 절대온도에 비례하므로 A의 온도가 상승하면 분자의 평균 운동에너지도 증가한다. 틀린 표현 '일정하다'는 '증가한다'로 고쳐야 한다.

④ X
밀폐 용기이므로 기체의 양이 일정하고 용기의 부피도 일정하다. 이상기체 상태 방정식 $PV = nRT$에 따라 온도가 상승하면 압력도 증가한다. 틀린 표현 '압력은 변하지 않는다'는 '압력은 증가한다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

온도가 올라가면 기체가 반드시 팽창하면서 일을 한다고 생각하기 쉽지만, 이 문항에서는 용기가 밀폐되어 있고 부피가 일정하다. 따라서 열로 전달된 에너지는 경계일에 쓰이지 않고 기체의 내부에너지를 증가시키며, 일정 부피에서는 압력도 증가한다.

다시 나오면 이렇게 판단

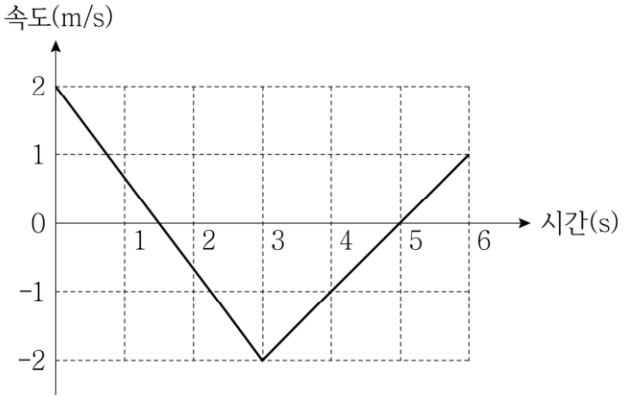
먼저 용기의 부피 변화 여부를 확인한다. 일정 부피이면 $dV = 0$이므로 경계일은 0이다. 이어서 이상기체에서는 온도 상승이 내부에너지와 평균 분자 운동에너지의 증가를 뜻하고, 기체의 양과 부피가 일정하면 $P \propto T$에 따라 압력이 증가한다고 판단한다.

암기 포인트

이상기체의 일정 부피 가열에서는 일은 0, 내부에너지·평균 분자 운동에너지·압력은 증가한다.

NoteBase

6. 그림은 직선 운동하는 물체의 속도를 시간에 따라 나타낸 것이다. 물체에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 0초와 3초인 순간 물체의 위치는 같다.
② 1초와 5초인 순간 가속도의 크기는 같다.
③ 2초와 4초인 순간 물체의 운동 방향은 다르다.
④ 3초인 순간 물체는 멈춘다.

정답 1번

출제 포인트

속도-시간 그래프에서 그래프와 시간축 사이의 부호 있는 넓이는 변위, 그래프의 기울기는 가속도, 속도의 부호는 운동 방향을 나타낸다는 점을 묻는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 세로축이 속도(m/s), 가로축이 시간(s)임을 확인한다.
2. 위치 비교에는 속도-시간 그래프의 부호 있는 넓이인 변위를 이용한다.
3. 가속도는 각 직선 구간의 기울기, 운동 방향과 정지는 각각 속도의 부호와 $v = 0$인 시각으로 판단한다.

핵심 근거

0초부터 3초까지 속도는 $2m/s$에서 $-2m/s$까지 일정하게 변하므로 평균 속도는 0이고 변위도 $0m$이다. 따라서 0초와 3초의 위치는 같다. 첫 구간의 가속도는 $-4/3m/s^2$, 둘째 구간의 가속도는 $1m/s^2$이다. 속도는 2초와 4초에 모두 음수이며, 3초에는 $-2m/s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 0초부터 3초까지 그래프의 양의 넓이와 음의 넓이가 서로 같아 변위가 0이다. 그러므로 0초와 3초의 위치는 같다.
② X — 1초는 첫 직선 구간에 있으므로 가속도의 크기는 $4/3 m/s^2$이고, 5초는 둘째 직선 구간에 있으므로 가속도의 크기는 $1 m/s^2$이다. '가속도의 크기는 같다'는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 1초의 가속도 크기가 5초의 가속도 크기보다 크다.
③ X — 2초와 4초에서 그래프가 모두 시간축 아래에 있어 속도가 모두 음수이다. '운동 방향은 다르다'는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 두 순간의 운동 방향은 같다.
④ X — 3초의 속도는 $-2 m/s$이므로 물체는 멈추지 않는다. '3초인 순간 물체는 멈춘다'는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 속도가 0인 1.5초와 5초에 순간적으로 멈춘다.

오답 포인트

속도의 값과 가속도를 혼동하기 쉽다. 3초에는 속도 그래프가 최솟값에 있지만 속도가 0은 아니며, 꺾인점이라는 사실도 정지를 뜻하지 않는다. 또한 운동 방향은 그래프의 기울기가 아니라 속도의 부호로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

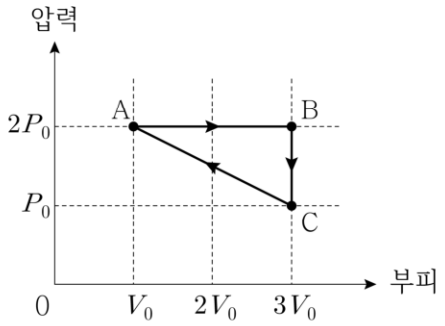
위치는 부호 있는 넓이, 가속도는 기울기, 운동 방향은 속도의 부호, 정지는 시간축과 만나는 지점으로 각각 구분하여 판단한다.

암기 포인트

속도-시간 그래프는 넓이=변위, 기울기=가속도, 부호=방향, 시간축 교점=정지이다.

NoteBase

7. 그림은 어떤 열기관에서 일정량의 이상기체가 상태 A→B→C→A를 따라 순환하는 동안 기체의 압력과 부피를 나타낸 것이다. 표는 각 과정에서 기체가 흡수 또는 방출하는 열량을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



과정	흡수 또는 방출하는 열량[J]
A→B	80
B→C	30
C→A	40

① A→B 과정에서 기체가 외부에 한 일의 양은 80 J이다.
② B→C 과정에서 기체는 열을 흡수한다.
③ C→A 과정에서 기체는 외부로부터 일을 받는다.
④ 이 열기관의 열효율은 0.5이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 P-V 선도에서 기체가 한 일과 순환 과정의 순열을 구하고, 열역학 제1법칙 $Q = \Delta U + W$를 이용해 열의 출입과 열효율을 판단하는 문제이다.

조건 정리

상태점은 $A = (V_0, 2P_0)$, $B = (3V_0, 2P_0)$, $C = (3V_0, P_0)$이다.
$A \to B$는 등압 팽창, $B \to C$는 등적 과정, $C \to A$는 압축 과정이다.
주어진 열량의 크기는 각각 80J, 30J, 40J이며, 열의 흡수와 방출은 과정의 상태 변화와 열역학 제1법칙으로 결정한다.

NoteBase

사용할 공식

기체가 한 일은 $W = \int PdV$이고, 한 순환에서의 순열은 P-V 선도가 둘러싼 면적이다.
W_net=12(3V_0-V_0)(2P_0-P_0)=P_0V_0
열역학 제1법칙은 $Q = \Delta U + W$이며, 한 순환 뒤에는 처음 상태로 돌아오므로 $\Delta U_{\text{cycle}} = 0$, 따라서 $Q_{\text{net}} = W_{\text{net}}$이다.

계산 과정

$A \to B$에서는 부피와 온도가 증가하므로 기체가 일을 하고 내부 에너지도 증가한다. 따라서 열은 흡수하며 $Q_{AB} = +80J$이다.
$B \to C$에서는 부피가 일정하고 압력과 온도가 감소한다. $W_{BC} = 0$, $\Delta U_{BC} < 0$이므로 열을 방출하여 $Q_{BC} = -30J$이다.
$C \to A$에서는 부피가 감소하는 압축 과정이고 PV도 $3P_0V_0$에서 $2P_0V_0$로 감소한다. 따라서 $W_{CA} < 0$, $\Delta U_{CA} < 0$이므로 열을 방출하여 $Q_{CA} = -40J$이다.
그러므로 순환 전체의 순열은
$W_{\text{net}} = Q_{\text{net}} = 80 - 30 - 40 = 10J$
이다. 따라서 $P_0V_0 = 10J$이다. 각 과정의 일은
$W_{AB} = 2P_0(3V_0 - V_0) = 4P_0V_0 = 40J, \qquad W_{BC} = 0$
$W_{CA} = \frac{P_0 + 2P_0}{2}(V_0 - 3V_0) = -3P_0V_0 = -30J$
이다. 열기관의 효율은
$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{in}}} = \frac{10}{80} = 0.125$
이다.

선지 판단

① X — $A \to B$에서 기체가 외부에 한 일은 $W_{AB} = 40J$이다. ‘$80J$’은 기체가 흡수한 열량이며, 올바르게는 ‘기체가 외부에 한 일의 양은 $40J$이다’라고 해야 한다.
② X — $B \to C$에서는 등적 상태에서 압력과 온도가 감소하므로 내부 에너지가 감소하고 기체는 $30J$의 열을 방출한다. ‘열을 흡수한다’가 틀렸으며, 올바르게는 ‘열을 방출한다’이다.
③ O — $C \to A$에서는 부피가 감소하므로 기체가 한 일은 음수이다. 이는 외부가 기체에 양의 일을 한다는 뜻이므로 기체는 외부로부터 일을 받는다.
④ X — 흡수열은 $80J$, 순열은 $10J$이므로 효율은 0.125이다. ‘효율은 0.5이다’가 틀렸으며, 올바르게는 ‘효율은 0.125이다’이다.

오답 포인트

①은 흡수한 열량 $80J$을 그대로 한 일로 보는 함정이다. 열은 내부 에너지 변화와 일로 나뉘므로 Q와 W는 일반적으로 같지 않다. ④에서는 선도 전체의 삼각형 면적인 순열을 구한 뒤, 이를 전체 흡수열로 나누어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

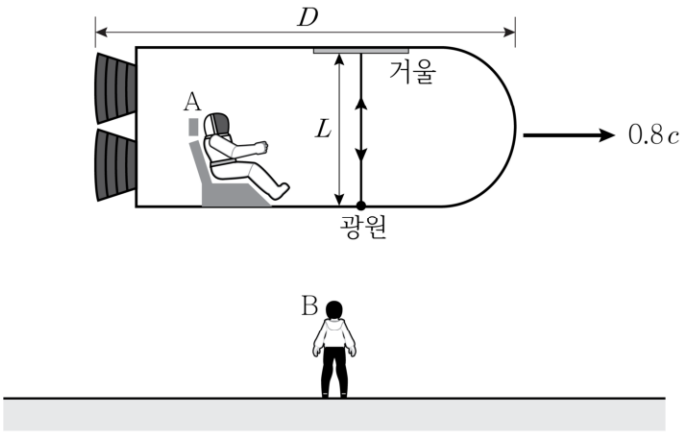
먼저 각 과정에서 팽창이면 $W > 0$, 압축이면 $W < 0$, 등적이면 $W = 0$으로 판단한다. 다음으로 이상기체의 온도는 PV에 비례한다는 점으로 ΔU의 부호를 정하고, $Q = \Delta U + W$로 열의 출입을 결정한다. 순환 열기관의 순열은 선도가 둘러싼 면적이며, 효율은 '순열/흡수열'로 계산한다.

암기 포인트

순환 과정에서는 $\Delta U_{cycle} = 0$이므로 $Q_{net} = W_{net}$이고, 열효율은 $\eta = W_{net}/Q_{in}$이다.

NoteBase

8. 그림과 같이 A가 탄 우주선이 B에 대해 일정한 속력 $0.8c$로 운동한다. A가 볼 때, 빛이 우주선 바닥에 있는 광원에서 수직으로 발사되어 천장에 있는 거울에 반사된 뒤 되돌아온다. A가 측정한 거울과 광원 사이의 거리는 L, 우주선의 길이는 D, 빛의 왕복시간은 T이다. B가 관측한 내용에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, c는 빛의 속력이다)



① 우주선의 길이는 D보다 길다.
② 빛의 왕복 시간은 T보다 길다.
③ 빛의 속력은 A가 측정한 것보다 빠르다.
④ 광원과 거울 사이의 거리는 L보다 짧다.

정답 2번

출제 포인트

특수 상대성 이론에서 운동 방향으로는 길이 수축이 일어나고, 운동 방향에 수직인 길이는 변하지 않으며, 광속은 모든 관성계에서 같고, 움직이는 시계의 시간 간격은 늘어남을 판단하는 문제이다.

조건 정리

A의 기준계에서 우주선은 정지해 있으므로 우주선의 길이 D, 광원과 거울 사이의 거리 L, 빛의 왕복 시간 T는 모두 A가 측정한 값이다. B의 기준계에서 우주선의 속력은 $v = 0.8c$이다. 우주선의 길이 D는 운동 방향과 나란하고, 광원과 거울 사이의 거리 L은 운동 방향에 수직이다.

NoteBase

사용할 공식

로런츠 인자는
$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$
이다. 운동 방향과 나란한 길이는 $D_B = D/\gamma$로 수축하고, 같은 장소에서 일어난 두 사건 사이의 고유 시간이 T이면 B가 측정한 시간은 $T_B = \gamma T$이다. 길이 수축은 운동 방향에만 적용되므로 수직 거리에는 적용되지 않으며, 광속은 모든 관성계에서 c이다. 빛의 방출과 귀환은 A의 기준계에서 모두 광원의 위치에서 일어나므로 T는 이 두 사건 사이의 고유 시간이다.

계산 과정

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (0.8)^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.36}} = \frac{5}{3}$
따라서 B가 측정한 우주선의 길이는
$D_B = \frac{D}{\gamma} = \frac{3}{5}D < D$
이고, 빛의 왕복 시간은
$T_B = \gamma T = \frac{5}{3}T > T$
이다. 광원과 거울 사이의 거리는 운동 방향에 수직이므로 $L_B = L$이고, B가 측정한 빛의 속력도 c이다.

선지 판단

① X — ‘우주선의 길이는 D보다 길다’는 표현이 틀리다. 운동 방향의 길이가 수축하므로 올바르게는 우주선의 길이가 $3D/5$로서 D보다 짧다.
② O — 빛의 방출과 귀환 사이의 고유 시간이 T이므로 B가 측정한 왕복 시간은 $5T/3$이다. 따라서 T보다 길다.
③ X — ‘빛의 속력은 A가 측정한 것보다 빠르다’는 표현이 틀리다. 광속 불변 원리에 따라 A와 B 모두 빛의 속력을 c로 측정한다.
④ X — ‘광원과 거울 사이의 거리는 L보다 짧다’는 표현이 틀리다. 이 거리는 운동 방향에 수직이므로 길이 수축이 없으며, 올바르게는 B도 그 거리를 L로 측정한다.

오답 포인트

길이 수축을 모든 방향에 적용하면 ④를 옳다고 판단하기 쉽다. 길이 수축은 운동 방향과 나란한 길이에만 적용된다. 또한 빛이 B에게 비스듬한 경로로 보이더라도 광속 자체가 커지는 것이 아니라, 더 긴 경로와 시간 지연이 함께 나타난다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 길이가 운동 방향과 나란한지 수직인지 구분한다. 그다음 같은 위치에서 일어난 두 사건 사이의 시간이 고유 시간인지 확인하여 시간 지연을 적용하고, 마지막으로 광속은 관찰자와 무관하게 항상 c임을 적용한다.

암기 포인트

운동 방향 길이는 $1/\gamma$배, 움직이는 시계의 시간 간격은 γ배, 수직 길이는 그대로, 광속은 항상 c이다.

NoteBase

9. 다음 핵반응에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, (가)는 원자핵이다)

$$ {}_1^2\mathrm{H} + \boxed{\text{(가)}} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + {}_0^1\mathrm{n} + 17.6\,\mathrm{MeV} $$

① 핵분열 반응이다.
② (가)의 질량수는 2이다.
③ (가)의 중성자수는 3이다.
④ 에너지는 질량 결손에 의한 것이다.

정답 4번

출제 포인트

핵반응에서 질량수와 원자번호가 각각 보존된다는 원리를 이용해 (가)의 원자핵을 찾고, 핵융합과 질량 결손의 의미를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 반응은 ^2_1H+(가)→^4_2He+^1_0n+17.6 MeV이다.
(가)의 질량수를 A, 원자번호를 Z라고 둔다.
핵반응 전후에는 질량수의 합과 원자번호의 합이 각각 같다.

사용할 공식

질량수 보존: $2 + A = 4 + 1$
원자번호 보존: $1 + Z = 2 + 0$
이 식을 사용하는 이유는 핵반응 전후에 전체 핵자 수와 전체 전하량이 각각 보존되기 때문이다.

계산 과정

1. $2 + A = 5$이므로 $A = 3$이다.
2. $1 + Z = 2$이므로 $Z = 1$이다.
3. 따라서 (가)는 ${}_1^3\mathrm{H}$, 즉 삼중수소 원자핵이다. 중성자수는 $A - Z = 3 - 1 = 2$이다.
4. 두 가벼운 원자핵이 결합해 더 무거운 헬륨 원자핵을 만들므로 핵융합 반응이다. 반응에서 방출되는 에너지는 반응 전후의 질량 차이인 질량 결손이 에너지로 전환된 것이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 중수소와 삼중수소처럼 가벼운 원자핵이 결합하므로 핵분열이 아니라 핵융합 반응이다. 틀린 표현 '핵분열 반응'은 '핵융합 반응'으로 고쳐야 한다.
② X — 질량수 보존식 $2 + A = 4 + 1$에서 (가)의 질량수는 3이다. 틀린 값 '2'는 '3'으로 고쳐야 한다.
③ X — (가)는 ${}_{1}^{3}\mathrm{H}$이므로 중성자수는 $3 - 1 = 2$이다. 틀린 값 '3'은 '2'로 고쳐야 한다.
④ O — 핵융합 전후의 질량 차이인 질량 결손이 $E = \Delta mc^2$에 따라 에너지로 전환되며, 이 반응에서는 17.6MeV가 방출된다.

오답 포인트

(가)의 질량수 3을 그대로 중성자수로 보는 것이 함정이다. 중성자수는 질량수에서 원자번호를 뺀 값이므로 $3 - 1 = 2$이다. 또한 에너지가 방출된다는 사실만 보고 핵분열로 판단해서는 안 되며, 가벼운 원자핵들이 결합하는지 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

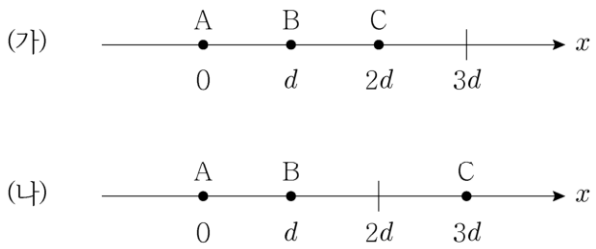
핵반응식에서는 먼저 질량수와 원자번호를 각각 보존해 미지의 원자핵을 찾는다. 그다음 중성자수는 '질량수-원자번호'로 계산하고, 가벼운 핵의 결합이면 핵융합, 무거운 핵의 분리이면 핵분열로 판단한다.

암기 포인트

핵반응은 질량수와 원자번호가 보존되며, 중성자수는 $A - Z$이다. 질량 결손은 $E = \Delta mc^2$에 따라 방출 에너지로 전환된다.

NoteBase

10. (가)와 (나)는 각각 양의 전하량 Q, Q, $2Q$를 가진 점전하 A, B, C의 두 배열을 나타낸 것이다. (가)에서 B에 작용하는 전기력의 크기가 F일 때, (나)에서 B에 작용하는 전기력의 크기는?



① $\frac{1}{4}F$

② $\frac{1}{2}F$

③ F

④ $2F$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 쿨롱 법칙과 힘의 방향을 이용하여 B에 작용하는 두 전기력의 합력을 비교하는 문제이다.

조건 정리

A, B, C의 전하량은 각각 Q, Q, $2Q$이고 모두 양전하이므로 서로 밀어낸다. (가)에서 A-B와 B-C의 거리는 모두 d이다. (나)에서 A-B의 거리는 d, B-C의 거리는 $2d$이다.

사용할 공식

두 점전하 사이의 전기력의 크기는 $F_e = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$이다. 전기력은 거리의 제곱에 반비례하며, B는 A로부터 오른쪽 방향의 힘을 받고 C로부터 왼쪽 방향의 힘을 받으므로 두 힘의 크기를 빼서 합력을 구한다.

계산 과정

(가)에서 A가 B를 미는 힘은 오른쪽으로 kQ^2/d^2이고, C가 B를 미는 힘은 왼쪽으로 $2kQ^2/d^2$이다. 따라서 B에 작용하는 합력의 크기는 $F = \frac{2kQ^2}{d^2} - \frac{kQ^2}{d^2} = \frac{kQ^2}{d^2}$이다.
(나)에서 A가 B를 미는 힘은 오른쪽으로 $kQ^2/d^2 = F$이다. B와 C 사이의 거리는 $2d$이므로 C가 B를 미는 힘은 왼쪽으로 $k\frac{(Q)(2Q)}{(2d)^2} = \frac{1}{2}\frac{kQ^2}{d^2} = \frac{1}{2}F$이다. 따라서 (나)에서 B에 작용하는 합력의 크기는 $F - \frac{1}{2}F = \frac{1}{2}F$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $\frac{1}{4}F$가 아니라 $\frac{1}{2}F$이다. 거리 $2d$ 때문에 C가 주는 힘만 거리 제곱에 따라 감소하며, A가 주는 힘은 그대로이다.
② O — 계산한 합력의 크기 $\frac{1}{2}F$와 일치한다.
③ X — F가 아니라 $\frac{1}{2}F$이다. (나)에서도 C가 B에 왼쪽 방향의 힘을 주므로 A가 주는 힘에서 이를 빼야 한다.
④ X — $2F$가 아니라 $\frac{1}{2}F$이다. C가 더 멀어지면 C가 B에 주는 힘은 커지는 것이 아니라 거리 제곱에 반비례하여 작아진다.

오답 포인트

B-C 거리가 d에서 $2d$로 늘어났다고 해서 B의 합력 전체가 곧바로 1/4배가 되는 것은 아니다. 거리 변화의 영향을 받는 것은 C가 B에 주는 힘뿐이며, A-B 거리는 그대로이므로 A가 주는 힘은 변하지 않는다. 또한 두 힘의 방향이 반대이므로 크기를 더하지 않고 뺀다.

다시 나오면 이렇게 판단

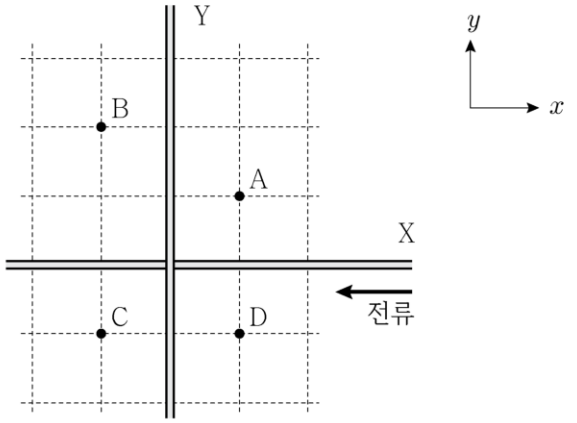
각 전하가 기준 전하에 주는 힘의 방향을 먼저 표시하고, 각 힘을 $k|q_1q_2|/r^2$로 따로 계산한 뒤 같은 방향이면 더하고 반대 방향이면 뺀다.

암기 포인트

쿨롱 힘은 전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. 같은 부호의 전하는 서로 밀어내며, 합력은 방향을 반영해 계산한다.

NoteBase

11. 그림과 같이 일정한 전류가 흐르는 가늘고 절연된 두 직선 도선 X, Y가 각각 x축과 y축에 고정되어 있다. X에 전류가 $-x$축 방향으로 흐를 때, 점 A에서 자기장의 세기는 0이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 자기장은 두 도선에 흐르는 전류에 의해서만 발생한다고 가정한다)



① 점 C에서 자기장의 세기는 0이다.
② 점 D에서 자기장의 세기는 점 B에서 보다 작다.
③ Y에 흐르는 전류의 방향은 $+y$축 방향이다.
④ Y에 흐르는 전류의 세기를 2배로 만들면 점 B에서 자기장의 세기는 0이 된다.

정답 1번

출제 포인트

무한히 긴 직선 도선이 만드는 자기장의 세기와 방향을 이용해 두 도선의 자기장을 벡터로 합성하는 문제이다. 점 A에서 합성 자기장이 0이라는 조건으로 Y의 전류 방향과 세기를 먼저 결정해야 한다.

조건 정리

격자 한 칸의 길이를 a, X에 흐르는 전류의 세기를 I라고 한다. 점의 좌표는 A(a, a), B($-a$, $2a$), C($-a$, $-a$), D(a, $-a$)로 읽을 수 있다. A는 두 도선에서 같은 거리 a만큼 떨어져 있다. X의 전류가 $-x$ 방향일 때 A에서 X가 만드는 자기장은 지면 안쪽 방향이다. A에서 합성 자기장이 0이 되려면 Y가 만드는 자기장은 지면 바깥쪽 방향이어야 하므로 Y의 전류는 $-y$ 방향이고, 두 전류의 세기는 모두 I로 같다.

NoteBase

사용할 공식

무한히 긴 직선 도선에서 수직 거리 r만큼 떨어진 점의 자기장 세기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이다. 따라서 자기장 세기는 전류의 세기에 비례하고 도선까지의 거리에 반비례한다. 방향은 오른손 법칙으로 정한 뒤, 같은 방향이면 더하고 반대 방향이면 뺀다.

계산 과정

A에서 두 자기장이 상쇄되므로 Y의 전류는 $-y$ 방향이고 세기는 I이다. C에서는 X가 만드는 자기장이 지면 바깥쪽, Y가 만드는 자기장이 지면 안쪽이며, 두 도선까지의 거리가 모두 a이므로 세기도 같아 합성 자기장은 0이다. B에서는 X와 Y가 만드는 자기장이 모두 지면 안쪽이다. 그 세기는 각각 $\frac{\mu_0 I}{4\pi a}$, $\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$이므로 합성 세기는 $\frac{3\mu_0 I}{4\pi a}$이다. D에서는 두 자기장이 모두 지면 바깥쪽이고 각각 $\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$이므로 합성 세기는 $\frac{\mu_0 I}{\pi a}$이다.

선지 판단

① O — C에서는 두 도선이 만드는 자기장의 방향이 서로 반대이고 세기가 같아 합성 자기장의 세기가 0이다.
② X — D의 자기장 세기는 $\frac{\mu_0 I}{\pi a}$, B의 자기장 세기는 $\frac{3\mu_0 I}{4\pi a}$이므로 D가 B보다 크다. '점 B에서보다 작다'는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 '점 D에서 자기장의 세기는 점 B에서보다 크다'이다.
③ X — A에서 상쇄되려면 Y가 A에 지면 바깥쪽 자기장을 만들어야 하므로 Y의 전류는 $-y$ 방향이다. '$+y$축 방향'이 틀렸으며, 올바르게는 '$-y$축 방향'이다.
④ X — Y의 전류만 $2I$로 만들면 B에서 두 자기장은 여전히 모두 지면 안쪽이다. 합성 세기는 $\frac{\mu_0 I}{4\pi a} + \frac{\mu_0 (2I)}{2\pi a} = \frac{5\mu_0 I}{4\pi a}$이므로 0이 아니다. '0이 된다'가 틀렸으며, 올바르게는 '$\frac{5\mu_0 I}{4\pi a}$가 된다'이다.

오답 포인트

③에서 A의 자기장이 0이라는 사실만 보고 Y의 전류 방향을 반대로 정하기 쉽다. A에서 X가 만드는 자기장의 방향을 먼저 오른손 법칙으로 구한 뒤, Y의 자기장은 반드시 그 반대 방향이어야 한다. 또한 ④처럼 전류의 세기만 바꾸어도 두 자기장의 방향은 바뀌지 않으므로, 같은 방향의 자기장을 전류 크기 조절만으로 상쇄할 수 없다.

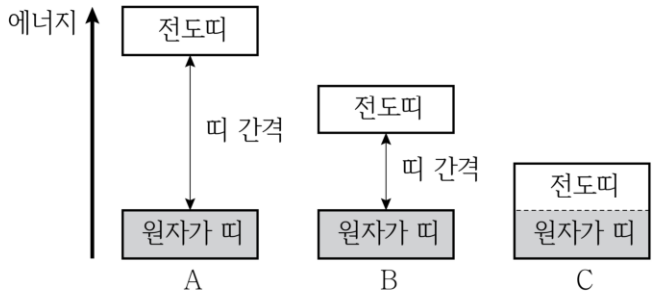
다시 나오면 이렇게 판단

먼저 자기장이 0인 점에서 두 자기장의 방향은 반대이고 세기는 같다는 조건을 사용해 미지의 전류를 결정한다. 그다음 각 점에서 오른손 법칙으로 방향을 정하고, $B \propto I/r$에 따라 세기를 비교한 뒤 같은 방향은 더하고 반대 방향은 뺀다.

암기 포인트

직선 전류의 자기장은 $B \propto I/r$이며, 합성 전에는 반드시 오른손 법칙으로 지면 안쪽·바깥쪽 방향부터 구분한다.

12. 그림의 A, B, C는 도체, 반도체, 절연체의 에너지띠 구조를 순서없이 나타낸 것이다. 색칠한 부분은 에너지띠에 전자가 차있는 것을 나타낸다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 전기 전도성은 A가 C보다 크다.
② C의 대표적인 예는 규소이다.
③ A는 B에 비해 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하기 쉽다.
④ A, B에서 전자는 전도띠와 원자가 띠 사이에 해당하는 에너지를 가질 수 없다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원자가 띠와 전도띠 사이의 띠 간격을 비교하여 도체, 반도체, 절연체를 구분하는 문제이다. A는 띠 간격이 큰 절연체, B는 띠 간격이 작은 반도체, C는 원자가 띠와 전도띠가 겹친 도체이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
A는 띠 간격이 커서 전자가 전도띠로 이동하기 어려운 절연체이고, C는 원자가 띠와 전도띠가 겹쳐 전자가 쉽게 이동하는 도체이다. 따라서 ‘전기 전도성은 A가 C보다 크다’가 틀렸으며, 올바르게는 전기 전도성이 C가 A보다 크다.

② X
규소는 띠 간격이 작은 대표적인 반도체이므로 B에 해당한다. 따라서 ‘C의 대표적인 예는 규소이다’가 틀렸으며, 올바르게는 B의 대표적인 예가 규소이다. C는 금속과 같은 도체에 해당한다.

③ X
원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하려면 띠 간격 이상의 에너지를 받아야 한다. A의 띠 간격이 B보다 크므로 A의 전자가 이동하기 더 어렵다. 따라서 ‘A는 B에 비해 이동하기 쉽다’가 틀렸으며, 올바르게는 B가 A에 비해 원자가 띠의 전자가 전도띠로 이동하기 쉽다.

④ O
A와 B에서 전도띠와 원자가 띠 사이의 띠 간격은 전자가 가질 수 있는 허용 에너지 준위가 없는 금지된 영역이다. 따라서 전자는 그 사이에 해당하는 에너지를 가질 수 없다.

오답 포인트

띠 간격이 그림에서 넓게 보인다는 이유로 전자가 이동할 공간이 많다고 생각하면 ①이나 ③을 고르기 쉽다. 띠 간격은 이동 공간이 아니라 전자가 존재할 수 없는 에너지 영역이며, 간격이 클수록 전도띠로 올라가기 어렵고 전기 전도성도 작다.

다시 나오면 이렇게 판단

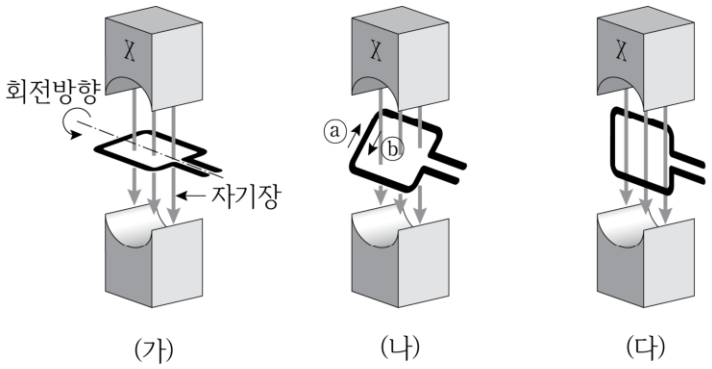
원자가 띠와 전도띠가 겹치면 도체, 띠 간격이 작으면 반도체, 띠 간격이 크면 절연체로 판단한다. 띠 간격 내부에는 허용된 전자 에너지 준위가 없다는 점을 함께 적용한다.

암기 포인트

띠가 겹치면 도체, 간격이 작으면 반도체, 간격이 크면 절연체이며, 띠 간격은 전자가 가질 수 없는 금지된 에너지 영역이다.

NoteBase

13. 그림은 자기장 내의 고리 도선이 (가), (나), (다) 순으로 회전하여 유도 전류가 발생하는 모습을 나타낸 것으로, X는 N극과 S극 중 하나이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① X는 S극이다.
② (나)에서 유도 전류의 방향은 ⓐ이다.
③ 자기장의 세기가 커지면 유도 전류의 최댓값은 감소한다.
④ 고리 도선의 회전속도가 감소하면 유도 전류의 최댓값은 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

고리 도선이 회전할 때 자기선속의 변화와 렌츠 법칙으로 유도 전류의 방향을 판단하고, 최대 유도 전류가 자기장의 세기와 회전 각속도에 어떻게 의존하는지 묻는 문제이다. 그림에서 자기장은 X에서 아래쪽 자극으로 향하며, (가)에서 (다)로 갈수록 고리를 지나는 아래 방향 자기선속이 감소한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
자석 바깥의 자기장은 N극에서 나와 S극으로 들어간다. 그림의 자기장 화살표가 X에서 아래쪽 자극을 향하므로 X는 S극이 아니라 N극이다. 틀린 표현 ‘X는 S극이다’는 ‘X는 N극이다’로 고쳐야 한다.

② O
(가)에서 (다)로 회전하는 동안 고리를 통과하는 아래 방향 자기선속이 감소한다. 렌츠 법칙에 따라 유도 전류는 그 감소를 방해하도록 아래 방향 자기장을 만들며, X 쪽에서 고리를 내려다보면 전류는 시계 방향으로 흐른다. 그림에서 이 방향이 ⓐ이므로 옳다.

③ X
회전하는 고리의 최대 유도 기전력은 $\mathcal{E}_{max} = BA\omega$이고, 저항이 R이면 최대 유도 전류는 $I_{max} = BA\omega/R$이다. 따라서 자기장의 세기 B가 커지면 최대 유도 전류는 감소하는 것이 아니라 증가한다. 틀린 표현 ‘감소한다’는 ‘증가한다’로 고쳐야 한다.

④ X
$I_{max} = BA\omega/R$이므로 최대 유도 전류는 회전 각속도 ω에 비례한다. 회전 속도가 감소하면 최대 유도 전류도 감소한다. 틀린 표현 ‘증가한다’는 ‘감소한다’로 고쳐야 한다.

오답 포인트

①에서는 자기장 화살표가 향하는 쪽을 N극으로 착각하기 쉽다. 자석 바깥에서는 자기장이 N극에서 S극으로 향하므로 화살표가 출발하는 X가 N극이다. ③과 ④에서는 자기선속 자체와 자기선속의 변화율을 구분해야 한다. 최대 유도 전류는 자기장의 세기와 회전 속도에 모두 비례한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 자석 바깥의 자기장 방향으로 N극과 S극을 정한다. 다음으로 회전에 따라 기존 자기선속이 증가하는지 감소하는지 확인하고, 그 변화를 방해하는 방향으로 유도 자기장을 정한 뒤 오른손 법칙으로 전류 방향을 찾는다. 크기 비교에서는 $I_{max} = BA\omega/R$의 비례 관계를 적용한다.

암기 포인트

자석 바깥 자기장은 N극에서 S극으로 향하고, 유도 전류는 자기선속의 변화를 방해한다. 회전 고리에서는 $I_{max} \propto B\omega$이다.

NoteBase

14. 표는 진공 속에서 운동하는 입자 A, B의 질량과 운동에너지를 나타낸 것이다. A, B의 물질파 파장이 각각 λ_A, λ_B일 때, $\lambda_A : \lambda_B$는?

입자	질량	운동에너지
A	$2m$	E
B	m	E

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

정답 1번

출제 포인트

입자의 운동에너지와 운동량의 관계 및 드브로이 파장 공식을 이용하여, 운동에너지가 같은 두 입자의 물질파 파장비를 구하는 문제이다.

조건 정리

입자 A의 질량은 $2m$, 입자 B의 질량은 m이다. 두 입자의 운동에너지는 모두 E이다. 구해야 할 값은 $\lambda_A : \lambda_B$이다.

사용할 공식

비상대론적 입자의 운동에너지는 $E = p^2/(2M)$이므로 운동량의 크기는 $p = \sqrt{2ME}$이다. 드브로이 파장은 $\lambda = h/p$이다. 따라서 운동에너지가 같을 때 파장은 질량의 제곱근에 반비례하여 $\lambda \propto 1/\sqrt{M}$이다.

계산 과정

A의 운동량은 $p_A = \sqrt{2(2m)E} = 2\sqrt{mE}$이다.
B의 운동량은 $p_B = \sqrt{2mE} = \sqrt{2}\sqrt{mE}$이다.
파장은 운동량에 반비례하므로
$\lambda_A : \lambda_B = \frac{1}{p_A} : \frac{1}{p_B} = p_B : p_A = \sqrt{2} : 2 = 1 : \sqrt{2}$.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 $\lambda_A : \lambda_B = 1 : \sqrt{2}$이므로 옳다.
② X — '1 : 2'는 질량비를 파장비에 그대로 적용한 값이어서 틀리다. 올바른 파장비는 질량비의 제곱근을 반대로 취한 $1 : \sqrt{2}$이다.
③ X — '$\sqrt{2} : 1$'은 파장이 질량의 제곱근에 비례한다고 본 값이어서 틀리다. 질량이 더 큰 A의 파장이 더 짧으므로 올바른 비는 $1 : \sqrt{2}$이다.
④ X — '2 : 1'은 질량이 큰 입자의 파장이 더 길다고 보고 질량비까지 그대로 적용한 값이어서 틀리다. 올바른 비는 $1 : \sqrt{2}$이다.

출제자가 노린 함정

운동에너지가 같다는 조건에서 파장을 질량에 단순 반비례시키거나, 파장이 운동량에 반비례한다는 관계를 뒤집는 실수를 노린 문제이다. 운동량에는 질량의 제곱근이 들어가므로 파장비에도 제곱근이 남는다.

다시 나오면 이렇게 판단

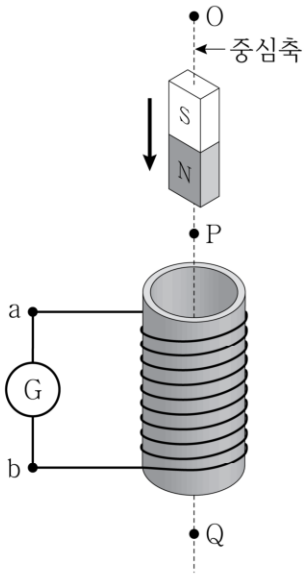
운동에너지가 같은 입자들의 파장비는 먼저 $p = \sqrt{2ME}$로 운동량비를 구한 뒤, $\lambda = h/p$에 따라 그 비를 반대로 취해 판단한다.

암기 포인트

같은 운동에너지에서는 $\lambda \propto 1/\sqrt{M}$이다. 질량이 클수록 드브로이 파장은 짧다.

NoteBase

15. 그림은 N극을 아래로 한 막대자석을 점 O에서 가만히 놓아 코일의 중심축을 따라 연직 낙하하게 하는 모습을 나타낸 것으로, 점 P와 Q는 코일에 가깝다. 코일은 검류계 G와 연결되어 있으며, a와 b는 회로의 각 지점이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 자석의 크기와 공기저항은 무시한다)



ㄱ. 자석이 P를 지나는 순간, 유도 전류의 방향은 a → G → b 이다.
ㄴ. 자석이 O에서 코일을 통과하여 Q로 이동하는 동안 자석의 역학적 에너지는 보존된다.
ㄷ. 자석을 O보다 더 높은 곳에서 가만히 떨어뜨리면, P를 지날 때 유도 전류의 세기는 더 커진다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 코일에 가까워지는 N극이 만드는 자기 선속의 변화를 도식에서 파악하고, 렌츠 법칙으로 유도 전류의 방향과 세기를 판단하는 문제이다. N극이 위에서 코일에 가까워지면 코일을 아래쪽으로 통과하는 자기 선속이 증가하므로, 코일은 이를 방해하는 위쪽 자기장을 만든다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄱ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 옳은 설명을 모두 고른 선택지가 아니다. 틀린 부분은 'ㄱ만 선택한 것'이며, 올바르게는 ㄱ과 ㄷ을 함께 선택해야 한다.

② X — ㄴ은 옳지 않고 ㄱ과 ㄷ은 옳다. 유도 전류가 흐르면 자석의 역학적 에너지 일부가 회로의 전기 에너지와 열에너지로 전환되므로 자석의 역학적 에너지는 보존되지 않는다. 올바르게는 ㄱ과 ㄷ을 선택해야 한다.

③ O — ㄱ과 ㄷ이 모두 옳다. 자석의 N극이 코일에 접근할 때 코일은 위쪽 자기장을 만들어 접근을 방해하며, 그림의 감긴 방향에서는 유도 전류가 a → G → b로 흐른다. 또한 자석을 O보다 더 높은 곳에서 놓으면 P를 지날 때의 속력이 더 커져 자기 선속의 시간에 따른 변화율이 커지므로 유도 전류의 세기도 더 커진다.

④ X — ㄷ은 옳지만 ㄴ은 옳지 않으며, 옳은 ㄱ이 빠져 있다. 틀린 부분은 'ㄴ, ㄷ을 선택한 것'이며, 올바르게는 ㄱ과 ㄷ을 선택해야 한다.

오답 포인트

ㄴ의 함정은 '공기 저항을 무시한다'는 조건을 '자석의 역학적 에너지가 보존된다'로 해석하는 데 있다. 코일에 유도 전류가 흐르면 자석은 운동을 방해하는 자기력을 받고, 잃은 역학적 에너지는 회로의 전기 에너지와 열에너지로 전환된다. 또 ㄷ에서는 높은 곳에서 놓을수록 P에서 더 빠르게 움직여 자기 선속이 더 빠르게 변한다는 점을 연결해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

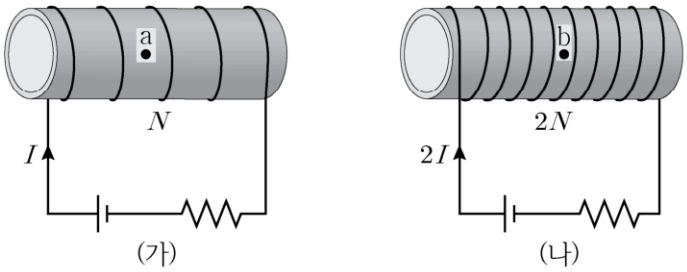
먼저 자석이 코일에 만드는 자기 선속의 방향과 증가·감소를 정한다. 다음으로 코일이 그 변화를 방해하도록 만드는 자기장의 방향을 정하고, 오른손 감기 법칙으로 전류 방향을 찾는다. 유도 전류의 세기는 자기 선속의 시간에 따른 변화율이 클수록 커지며, 유도 전류가 흐르는 동안 자석의 역학적 에너지만은 보존되지 않는다.

암기 포인트

렌츠 법칙은 '자기 선속의 변화를 방해하는 방향'이고, 더 빠른 통과는 더 큰 유도 전류를 만든다.

NoteBase

16. 그림은 전류가 흐르는 솔레노이드 (가), (나)를 나타낸 것으로, 감은 수는 각각 N, $2N$이고, 전류의 세기는 각각 I, $2I$이며, 점 a와 b는 균일한 자기장이 생긴 솔레노이드 내부의 점들이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, (가), (나)의 재질, 단면적, 길이는 같다)



ㄱ. 솔레노이드에 의한 자기장의 방향은 점 a와 점 b에서 같다.
ㄴ. 솔레노이드에 의한 자기장의 세기는 점 b에서 점 a의 4배이다.
ㄷ. 솔레노이드 외부에는 막대자석이 만드는 자기장과 비슷한 모양의 자기장이 형성된다.

① ㄱ
② ㄴ
③ ㄱ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

솔레노이드 내부 자기장의 방향은 오른손 감기 법칙으로, 세기는 $B = \mu nI = \mu \frac{N}{l} I$로 판단하고, 외부 자기장의 모양은 막대자석과 비교하는 문제이다.

조건 정리

(가)의 감은 수와 전류는 각각 N, I이고, (나)는 각각 $2N$, $2I$이다. 두 솔레노이드의 재질과 길이 l이 같으므로 투자율 μ와 길이는 자기장 세기의 비에서 소거된다. 그림에서 두 솔레노이드는 감긴 방향이 서로 반대이므로, 같은 쪽 도선에서 전류가 위로 흘러도 내부 자기장의 방향은 서로 반대이다.

사용할 공식

긴 솔레노이드 내부의 자기장 세기는 $B = \mu nI = \mu \frac{N}{l} I$이다. 따라서 감은 수, 전류, 길이가 주어진 두 솔레노이드의 자기장 세기를 비교할 수 있다. 자기장의 방향은 오른손의 네 손가락을 코일의 전류 방향으로 감았을 때 엄지가 가리키는 방향이다.

NoteBase

계산 과정

점 a에서의 자기장 세기는 $B_a = \mu\frac{N}{l}I$이다. 점 b에서는 $B_b = \mu\frac{2N}{l}(2I) = 4\mu\frac{N}{l}I = 4B_a$이다. 그러므로 ㄴ은 옳다. 오른손 감기 법칙을 적용하면 감긴 방향이 반대인 두 솔레노이드의 내부 자기장 방향도 반대이므로 ㄱ은 옳지 않다. 또한 솔레노이드의 자기력선은 한쪽 끝에서 나와 외부를 돌아 다른 쪽 끝으로 들어가므로 막대자석의 자기장과 비슷한 모양을 이루어 ㄷ은 옳다.

선지 판단

① X — ㄱ만 옳다는 조합이다. ㄱ의 '방향은 같다'가 틀렸으며, 올바르게는 그림의 감긴 방향이 서로 반대이므로 점 a와 점 b에서 자기장의 방향은 서로 반대이다.
② X — ㄴ만 옳다는 조합이다. $B_b = 4B_a$이므로 ㄴ은 맞지만, 솔레노이드 외부 자기장이 막대자석과 비슷한 모양이라는 ㄷ도 옳다. 올바른 조합은 ㄴ, ㄷ이다.
③ X — ㄱ, ㄷ이 옳다는 조합이다. ㄷ은 맞지만 ㄱ은 틀리고 ㄴ이 옳다. 올바르게는 자기장의 방향은 서로 반대이고, 점 b의 자기장 세기는 점 a의 4배이다.
④ O — ㄴ, ㄷ이 옳다는 조합이다. 감은 수와 전류가 각각 2배이므로 점 b의 자기장 세기는 점 a의 4배이고, 솔레노이드 외부에는 막대자석과 비슷한 자기장이 형성된다.

오답 포인트

ㄴ에서 감은 수만 2배로 보아 자기장도 2배라고 판단하기 쉽다. 전류도 2배이므로 두 배율을 곱해 4배가 된다. 또한 전류 화살표가 같은 방향이라는 사실만으로 ㄱ을 판단하면 안 되며, 코일이 감긴 방향까지 함께 보아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

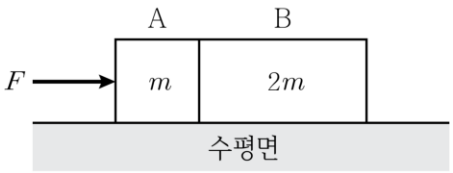
방향은 '감긴 방향과 전류 방향'을 함께 오른손 감기 법칙에 적용하고, 세기는 $B \propto \frac{NI}{l}$에서 감은 수·전류·길이의 비를 각각 반영한다. 외부 자기장은 자기력선이 닫힌 곡선을 이루는 막대자석형 구조인지 확인한다.

암기 포인트

솔레노이드는 방향은 오른손, 세기는 NI/l, 전체 자기장 모양은 막대자석과 같다.

NoteBase

17. 그림은 질량이 각각 m, $2m$인 물체 A와 B를 붙여 수평면에 놓고 일정한 힘 F가 A에 작용하는 것을 나타낸 것이다. A와 B에 작용하는 알짜힘을 각각 F_{A}, F_{B}라 할 때, $F_{\mathrm{A}} : F_{\mathrm{B}}$는? (단, 모든 마찰과 공기 저항은 무시한다)



① 1 : 2
② 1 : 3
③ 2 : 1
④ 3 : 1

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 함께 움직이는 두 물체의 가속도가 같다는 점과 뉴턴의 제2법칙 $F_{\text{net}} = ma$를 이용해 각 물체의 알짜힘의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

물체 A의 질량은 m, 물체 B의 질량은 $2m$이다. 마찰과 공기 저항이 없고 두 물체가 붙어서 함께 움직이므로 가속도는 서로 같다. 구해야 하는 것은 각 물체에 작용하는 알짜힘 F_A와 F_B의 비이다.

사용할 공식

뉴턴의 제2법칙은 $F_{\text{net}} = ma$이다. 두 물체가 같은 가속도 a로 움직이므로 각 물체의 알짜힘은 질량에 비례한다. 계 전체에 대해서는 $F = (m + 2m)a$가 성립한다.

계산 과정

계 전체의 질량은 $3m$이므로

$a = \frac{F}{3m}$

이다. 따라서 A와 B의 알짜힘은 각각

$F_A = ma = \frac{F}{3}, \qquad F_B = 2ma = \frac{2F}{3}$

이다. 그러므로

$F_A : F_B = \frac{F}{3} : \frac{2F}{3} = 1 : 2$

이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 $F_A : F_B = 1 : 2$이므로 옳다.
② X — ‘1 : 3’은 B의 질량을 계 전체의 질량 $3m$과 잘못 비교한 비이다. 올바르게는 각 물체의 질량 $m : 2m$에 따라 $F_A : F_B = 1 : 2$이다.
③ X — ‘2 : 1’은 A와 B의 질량 순서를 뒤바꾼 비이다. 올바르게는 $m : 2m = 1 : 2$이다.
④ X — ‘3 : 1’은 계 전체의 질량과 A의 질량을 잘못 비교하고 비의 순서도 반대로 잡은 값이다. 올바르게는 A와 B 각각의 질량을 비교하여 $F_A : F_B = 1 : 2$이다.

오답 포인트

A에 외부에서 작용하는 힘 F 자체를 A의 알짜힘으로 보면 안 된다. A는 B로부터 왼쪽 방향의 접촉력을 받으므로 A의 알짜힘은 F보다 작다. 두 물체의 가속도가 같을 때 각 물체의 알짜힘 비는 각 물체의 질량비와 같다.

다시 나오면 이렇게 판단

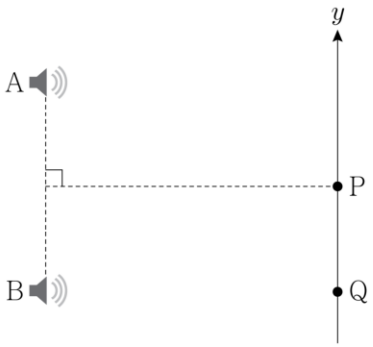
붙어 함께 움직이는 물체들은 먼저 전체 질량으로 공통 가속도를 구한 뒤, 각 물체에 $F_{\text{net}} = ma$를 적용한다. 공통 가속도가 같으므로 알짜힘의 비는 곧 질량의 비이다.

암기 포인트

같은 가속도이면 알짜힘의 비는 질량비이다: $F_A : F_B = m : 2m = 1 : 2$.

NoteBase

18. 그림은 스피커 A, B를 잇는 직선과 나란한 y축상에서 소리의 세기를 측정하는 것을 나타낸 것이다. 점 P는 A, B로부터 떨어진 거리가 같고, 점 Q에서는 상쇄 간섭이 일어난다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 두 스피커에서 발생하는 소리의 진동수와 위상은 같다)



① P에서는 보강 간섭이 일어난다.
② P에서는 Q에서보다 소리가 크다.
③ Q에서 중첩되는 소리의 위상은 서로 반대이다.
④ 소리의 진동수를 2배로 하면 P에서 상쇄 간섭이 일어난다.

정답 4번

출제 포인트

두 파동의 경로차와 위상차를 이용해 보강 간섭과 상쇄 간섭을 판단하는 문제이다.

조건 정리

두 스피커의 진동수와 처음 위상은 같다.
P는 A와 B로부터의 거리가 같으므로 경로차가 0이다.
Q에서는 상쇄 간섭이 일어난다.
문제는 설명 중 옳지 않은 것을 묻는다.

사용할 공식

경로차를 Δr, 파장을 λ라고 하면 위상차는 $\Delta\phi = 2\pi\Delta r/\lambda$이다.
$\Delta r = m\lambda$이면 보강 간섭, $\Delta r = (m + 1/2)\lambda$이면 상쇄 간섭이 일어난다.
또한 파동의 속력이 일정할 때 $v = f\lambda$이므로 진동수 f가 2배가 되면 파장 λ는 절반이 된다.

NoteBase

계산 과정

P에서는 두 경로의 길이가 같으므로 $\Delta r = 0$이다. 따라서 $\Delta\phi = 2\pi \times 0/\lambda = 0$이 되어 보강 간섭이 일어난다. 진동수를 2배로 하여 파장이 $\lambda/2$가 되어도 P의 경로차는 여전히 0이다. 따라서 위상차도 계속 0이며 P에서는 보강 간섭이 유지된다.

선지 판단

① O — P에서는 경로차가 0이므로 두 소리가 같은 위상으로 만나 보강 간섭이 일어난다.
② O — P에서는 보강 간섭으로 소리의 세기가 커지고, Q에서는 상쇄 간섭으로 소리의 세기가 작아지므로 P에서의 소리가 Q에서보다 크다.
③ O — Q에서 상쇄 간섭이 일어나므로 그 지점에 도달한 두 소리의 위상차는 $(2m + 1)\pi$이며, 두 위상은 서로 반대이다.
④ X — 틀린 표현은 ‘P에서 상쇄 간섭이 일어난다’이다. 올바르게는 진동수를 2배로 해도 P의 경로차가 0이므로 P에서는 보강 간섭이 일어난다.

오답 포인트

진동수가 2배가 되면 파장이 절반으로 변한다는 사실만 보고 간섭 종류도 반드시 바뀐다고 판단하기 쉽다. 그러나 P처럼 경로차가 0인 점은 파장이 변해도 위상차가 항상 0이므로 보강 간섭이 유지된다.

다시 나오면 이렇게 판단

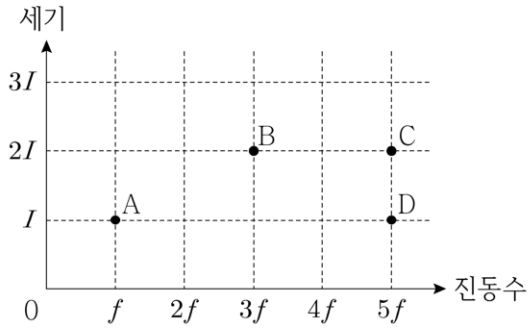
먼저 두 파동의 경로차를 구하고, 그 경로차가 파장의 정수배인지 반정수배인지 판단한다. 진동수가 변하는 경우에는 $v = f\lambda$로 파장을 바꾼 뒤 같은 경로차에 다시 적용한다.

암기 포인트

경로차 0은 파장과 무관하게 항상 보강 간섭이다.

NoteBase

19. 문턱(한계) 진동수가 $2f$인 금속판에 그래프와 같이 진동수와 세기가 다른 빛 A ~ D를 비추었다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① A의 파장은 B보다 짧다.
② D를 비출 때 광전자가 방출되지 않는다.
③ B보다 C를 비출 때 방출되는 광전자 수가 많다.
④ B보다 C를 비출 때 방출되는 광전자의 최대 운동에너지가 크다.

정답 4번

출제 포인트

한계 진동수와 빛의 진동수를 비교해 광전자 방출 여부를 판단하고, 광전자의 최대 운동 에너지와 빛의 세기가 각각 무엇을 결정하는지 구분하는 문제이다.

조건 정리

금속판의 한계 진동수는 $2f$이다.
A: 진동수 f, 세기 I
B: 진동수 $3f$, 세기 $2I$
C: 진동수 $5f$, 세기 $2I$
D: 진동수 $5f$, 세기 I
따라서 A는 진동수가 한계 진동수보다 작아 광전자가 방출되지 않고, B·C·D에서는 광전자가 방출된다.

사용할 공식

빛의 파장은 $\lambda = c/\nu$이다.
광전자의 최대 운동 에너지는 $K_{max} = h\nu - W = h(\nu - \nu_0)$이다. 여기서 ν_0는 한계 진동수이다.
파장은 진동수에 반비례하며, 광전자의 최대 운동 에너지는 빛의 세기가 아니라 진동수에 의해 결정된다.

NoteBase

계산 과정

A와 B의 파장은 각각 $\lambda_A = c/f$, $\lambda_B = c/(3f)$이므로 $\lambda_A = 3\lambda_B$이다.
한계 진동수가 $2f$이므로 B와 C의 최대 운동 에너지는 각각 $K_B = h(3f - 2f) = hf$, $K_C = h(5f - 2f) = 3hf$이다. 따라서 $K_C > K_B$이다.

선지 판단

① X — A의 파장은 c/f, B의 파장은 $c/(3f)$이므로 A의 파장이 B보다 길다. ‘A의 파장은 B보다 짧다’가 아니라 ‘A의 파장은 B보다 길다’가 옳다.
② X — D의 진동수 $5f$는 한계 진동수 $2f$보다 크므로 광전자가 방출된다. ‘방출되지 않는다’가 아니라 ‘방출된다’가 옳다.
③ X — B와 C는 모두 한계 진동수보다 크고 빛의 세기가 $2I$로 같다. 교과서적 광전 효과 조건에서 방출되는 광전자 수는 빛의 세기에 따라 달라지므로 C에서 B보다 더 많지 않다. ‘C를 비출 때 더 많다’가 아니라 ‘두 경우의 광전자 수는 같다’가 옳다.
④ O — 최대 운동 에너지는 $K_{\max} = h(\nu - \nu_0)$이므로 진동수가 더 큰 C를 비출 때가 B를 비출 때보다 크다.

오답 포인트

빛의 세기와 진동수의 역할을 바꾸어 생각하기 쉽다. 이 문항의 조건에서는 빛의 세기는 방출되는 광전자 수와 관련되고, 진동수는 광전자 한 개의 최대 운동 에너지와 관련된다. 또한 진동수가 커질수록 파장은 짧아진다는 반비례 관계에 주의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

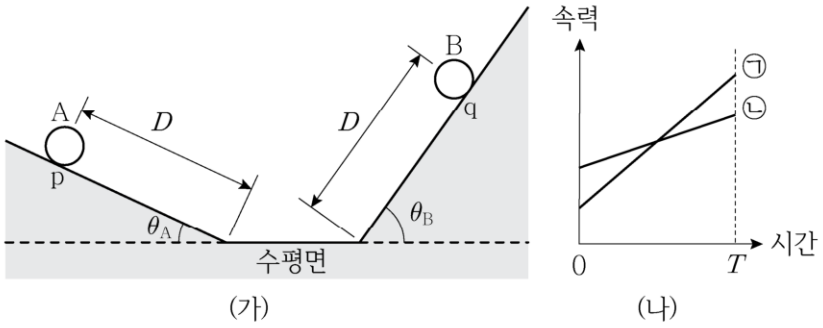
먼저 $\nu < \nu_0$이면 광전자가 방출되지 않는다고 판단한다. 방출되는 경우에는 광전자 수는 빛의 세기로, 최대 운동 에너지는 $h(\nu - \nu_0)$로 비교한다. 파장은 c/ν로 비교한다.

암기 포인트

문턱은 한계 진동수, 개수는 세기, 최대 운동 에너지는 진동수로 판단한다.

NoteBase

20. (가)는 질량이 같은 두 물체 A와 B가 두 빗면을 따라 p, q 지점을 동시에 통과하는 순간($t = 0$)을 나타낸 것이다. 시간 T 후 A와 B는 동일한 거리 D를 이동하여 수평면에 동시에 도달한다. (나)는 이 운동을 그래프로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $\theta_A < \theta_B$이고, 물체의 크기, 마찰, 공기 저항은 무시한다)



(가) (나)

① ㉠은 A의 운동이다.
② A보다 B의 평균 속력이 작다.
③ $t = T$인 순간, A보다 B의 속력이 크다.
④ $t = 0$인 순간, A와 B의 역학적 에너지는 같다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 빗면에서의 등가속도 운동과 속력-시간 그래프의 기울기·넓이를 이용해 두 물체의 가속도, 평균 속력, 나중 속력을 비교하는 문제이다.

조건 정리

두 물체의 질량은 같고 마찰과 공기 저항은 무시한다. 두 물체가 같은 시간 T 동안 같은 거리 D를 이동하므로 평균 속력은 모두 D/T이다. 또한 $\theta_A < \theta_B$이므로 빗면 방향 가속도는 $a_A = g\sin\theta_A < a_B = g\sin\theta_B$이다.

사용할 공식

빗면 방향 가속도는 $a = g\sin\theta$이고, 등가속도 운동의 이동 거리는 $D = v_0T + \frac{1}{2}aT^2$이다. 속력-시간 그래프에서는 기울기가 가속도이고, 그래프 아래 넓이가 이동 거리이다. 따라서 기울기가 큰 ㄱ은 B, 기울기가 작은 ㄴ은 A의 운동이다.

NoteBase

계산 과정

두 물체에 대해 $D = v_{A0}T + \frac{1}{2}a_AT^2 = v_{B0}T + \frac{1}{2}a_BT^2$이다. 이를 정리하면 $v_{A0} - v_{B0} = \frac{1}{2}(a_B - a_A)T > 0$ 이므로 처음에는 A가 더 빠르다. $t = T$에서의 속력 차는
$v_B(T) - v_A(T) = (v_{B0} - v_{A0}) + (a_B - a_A)T = \frac{1}{2}(a_B - a_A)T > 0$이므로 도착 순간에는 B가 더 빠르다.

선지 판단

① X — ㄱ은 기울기가 더 커서 가속도가 더 큰 B의 운동이다. 틀린 표현 'ㄱ은 A의 운동이다'는 'ㄱ은 B의 운동이고, ㄴ은 A의 운동이다'로 고쳐야 한다.
② X — 두 물체는 같은 거리 D를 같은 시간 T 동안 이동하므로 평균 속력은 둘 다 D/T로 같다. 틀린 표현 'A보다 B의 평균 속력이 작다'는 'A와 B의 평균 속력은 같다'로 고쳐야 한다.
③ O — B는 A보다 가속도가 크며, 같은 시간 동안 속력 증가량이 더 크다. 같은 이동 거리를 맞추기 위해 B의 처음 속력은 더 작지만, $t = T$에서는 B의 속력이 A보다 크다.
④ X — 마찰과 공기 저항이 없으므로 각 물체의 역학적 에너지는 운동하는 동안 보존된다. 수평면을 위치 에너지의 기준으로 잡으면 도착 순간 두 물체의 위치 에너지는 같고, $v_B(T) > v_A(T)$이며 질량도 같으므로 B의 운동 에너지와 역학적 에너지가 A보다 크다. 따라서 $t = 0$에서도 B의 역학적 에너지가 A보다 크다. 틀린 표현 'A와 B의 역학적 에너지는 같다'는 'B의 역학적 에너지가 A보다 크다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

그래프의 끝점 높이만 보고 물체를 대응시키면 안 된다. 물체의 대응은 먼저 기울기, 즉 가속도로 판단한다. 또 평균 속력은 처음과 나중 속력의 단순한 크기 비교가 아니라 이동 거리 나누기 이동 시간이므로 두 물체에서 같다.

다시 나오면 이렇게 판단

빗면 각도로 $a = g\sin\theta$의 크기를 비교해 그래프의 기울기와 물체를 연결하고, 그래프 아래 넓이로 이동 거리를 비교한다. 같은 시간에 같은 거리를 이동하면 평균 속력이 같다는 조건을 이용해 처음 속력과 나중 속력의 관계를 판단한다.

암기 포인트

속력-시간 그래프에서 기울기는 가속도, 넓이는 이동 거리이다. 같은 시간·같은 거리이면 평균 속력은 같고, 더 큰 가속도는 더 작은 처음 속력과 더 큰 나중 속력으로 이어진다.

NoteBase