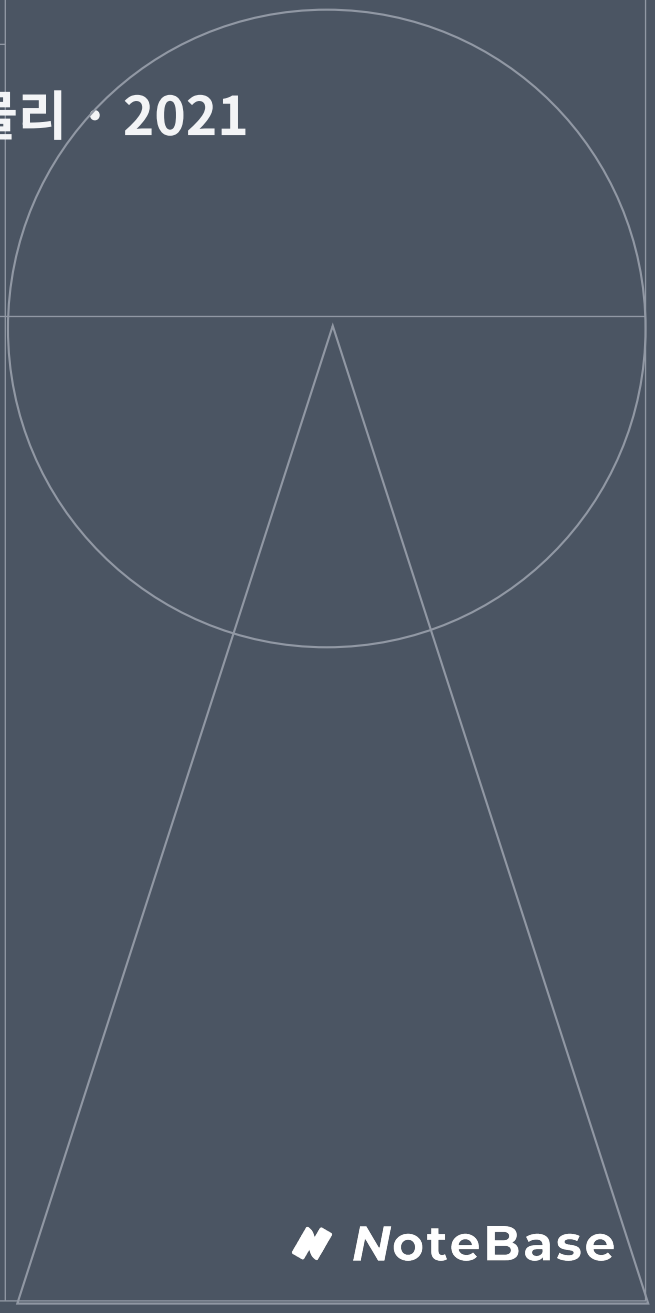
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2021



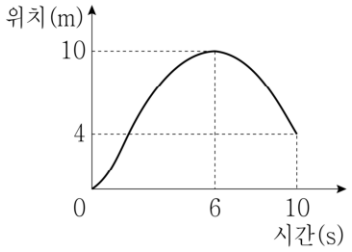
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2021

공무원/지방직/9급 경력 · 물리 · 2021

문 1. 그림은 직선 운동을 하는 어떤 물체의 위치를 시간에 따라 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 6초 때 물체의 순간 속력은 0이다.
② 0 ~ 10초 동안 이동한 거리는 16 m이다.
③ 0 ~ 10초 동안 평균 속력과 평균 속도는 같다.
④ 0 ~ 10초 동안 평균 속도의 크기는 0.4 m/s이다.

정답 3번

출제 포인트

위치-시간 그래프에서 순간 속력, 이동 거리, 평균 속도, 평균 속력을 각각 구분하여 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물체의 위치는 $t = 0s$에서 $0m$, $t = 6s$에서 $10m$, $t = 10s$에서 $4m$이다.
운동 방향: $0 \sim 6s$에는 위치가 증가하고, $6 \sim 10s$에는 위치가 감소한다.
주의할 조건: 평균 속력은 이동 거리를, 평균 속도는 변위를 전체 시간으로 나누어 구한다.

사용할 공식

순간 속력=≤ft|위치-시간 그래프의 접선 기울기|
평균 속력=이동 거리걸린 시간, 평균 속도=변위걸린 시간
위치-시간 그래프의 기울기가 속도를 나타내며, 운동 방향이 바뀌는 경우 이동 거리와 변위가 서로 달라지므로 이 공식들을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. $t = 6s$에서 그래프가 최고점이므로 접선의 기울기는 0이고 순간 속력도 $0m/s$이다.
2. 이동 거리는 $0m$에서 $10m$까지 간 거리와 다시 $4m$까지 돌아온 거리를 더한 값이다.
$(10 - 0) + (10 - 4) = 16m$
3. 변위는 나중 위치에서 처음 위치를 뺀 값이다.
$4 - 0 = 4m$
4. 따라서 평균 속력과 평균 속도는 각각 다음과 같다.
평균 속력=(16 m)/(10 s)=1.6 m/s
평균 속도=(4 m)/(10 s)=0.4 m/s

선지 판단

① O — $6s$에서 위치-시간 그래프의 접선 기울기가 0이므로 순간 속력은 $0m/s$이다.
② O — 처음 $10m$를 이동한 뒤 $6m$를 되돌아오므로 총 이동 거리는 $16m$이다.
③ X — 평균 속력은 $1.6m/s$, 평균 속도는 $0.4m/s$이므로 서로 같지 않다. 틀린 표현인 '평균 속력과 평균 속도는 같다'는 '평균 속력과 평균 속도는 다르다'로 고쳐야 한다.
④ O — 변위가 $4m$, 걸린 시간이 $10s$이므로 평균 속도의 크기는 $0.4m/s$이다.

출제자가 노린 함정

③은 이동 거리와 변위를 같은 것으로 보는 실수를 노린 선지이다. 이 물체는 $6s$ 이후 운동 방향을 바꾸므로 이동 거리는 $16m$이지만 변위는 $4m$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

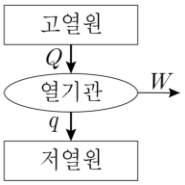
위치-시간 그래프에서는 먼저 기울기로 순간 속도를 확인하고, 방향이 바뀌는 지점을 기준으로 각 구간의 이동 거리를 더한다. 평균 속력에는 총이동 거리를, 평균 속도에는 나중 위치와 처음 위치의 차인 변위를 사용한다.

암기 포인트

평균 속력은 총이동 거리 ÷ 시간, 평균 속도는 변위 ÷ 시간이다. 방향이 바뀌면 두 값의 크기가 일반적으로 달라진다.

NoteBase

문 2. 그림은 고열원으로부터 Q의 열을 공급받아 외부에 W만큼 일을 하고 저열원으로 q의 열을 방출하는 어떤 열기관을 나타낸 것으로 $q=\frac{Q}{2}$이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① $q=2W$이다.
② 열기관의 효율은 50 %이다.
③ q를 줄이면 열효율이 떨어진다.
④ $Q=W$인 열기관을 만들 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

열기관의 에너지 보존 관계와 열효율 공식을 이용해 방출열, 한 일, 열효율의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

고열원에서 받은 열은 Q, 저열원으로 방출한 열은 q, 외부에 한 일은 W이다.
주어진 조건은 $q=\frac{Q}{2}$이다.
열기관은 한 순환 뒤 처음 상태로 돌아오므로 내부 에너지의 순변화가 0이다.

사용할 공식

에너지 보존 관계는
$Q=W+q$
이고, 열효율은
$\eta=\frac{W}{Q}=1-\frac{q}{Q}$
이다. 열기관이 받은 열 Q 중 일부를 일 W로 바꾸고 나머지 q를 저열원으로 방출하기 때문에 이 공식을 사용한다.

계산 과정

주어진 $q=\frac{Q}{2}$를 에너지 보존식에 대입하면
$W=Q-q=Q-\frac{Q}{2}=\frac{Q}{2}$
이다. 따라서 $q=W=\frac{Q}{2}$이다.
열효율은
$\eta=\frac{W}{Q}=\frac{Q/2}{Q}=\frac{1}{2}=50\%$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — '$q = 2W$'가 틀렸다. 계산 결과는 $q = W = \frac{Q}{2}$이다.
② O — $\eta = W/Q = 1/2 = 50\%$이므로 옳다.
③ X — 'q를 줄이면 열효율이 떨어진다'가 틀렸다. Q가 같을 때 $\eta = 1 - q/Q$이므로 q를 줄이면 열효율은 높아진다.
④ X — '$Q = W$인 열기관을 만들 수 있다'가 틀렸다. $Q = W$이면 $q = 0$이고 열효율이 100%가 되는데, 순환하는 열기관은 받은 열을 모두 일로 바꿀 수 없으며 일부 열을 저열원으로 방출해야 한다.

오답 포인트

방출열 q를 손실처럼 보고 에너지 보존식에서 빼먹기 쉽다. 또한 ③은 방출열이 작아질수록 일로 전환되는 몫이 커진다는 관계를 반대로 서술한 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

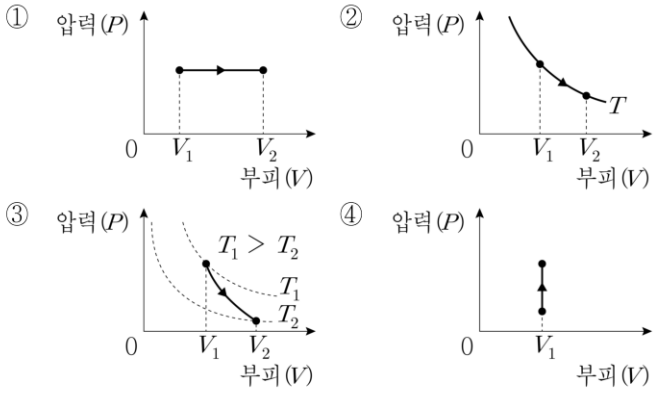
먼저 $Q = W + q$로 한 일을 구한 뒤 $\eta = W/Q = 1 - q/Q$에 대입한다. 마지막으로 열효율 100%를 뜻하는 선지는 저열원으로의 열 방출이 없는지를 확인한다.

암기 포인트

받은 열 = 한 일 + 버린 열, 즉 $Q = W + q$이며 열효율은 $\eta = W/Q = 1 - q/Q$이다.

NoteBase

문 3. 밀폐된 빈 압력밥솥을 가열할 때, 압력밥솥 안에 있는 공기의 압력과 부피의 열역학적 관계를 개략적으로 나타낸 그래프는?



정답 4번

출제 포인트

밀폐된 단단한 압력밥솥을 가열할 때 공기의 몰수와 부피는 일정하고 온도가 올라가므로, 압력-부피 그래프에서는 같은 부피에서 압력만 증가하는 수직선으로 나타난다.

선지별 해설

① X

압력이 일정한 채 부피가 V_1에서 V_2로 증가하는 등압 팽창을 나타낸다. 압력밥솥은 단단한 밀폐 용기이므로 가열해도 용기 부피가 변하지 않는다. 틀린 표현인 '압력 일정·부피 증가'는 '부피 일정·압력 증가'로 고쳐야 한다.

② X

온도 T가 일정한 상태에서 부피가 증가할수록 압력이 감소하는 등온 팽창을 나타낸다. 가열 중인 압력밥솥에서는 온도가 일정하지 않고 상승하며 부피도 증가하지 않는다. '등온 팽창'은 '정적 가열'로 고쳐야 한다.

③ X

부피가 V_1에서 V_2로 증가하고 압력과 온도가 함께 낮아지는 팽창·냉각 과정을 나타낸다. 압력밥솥을 가열하면 온도와 압력이 올라가고 부피는 일정하다. '부피 증가·온도 및 압력 감소'는 '부피 일정·온도 및 압력 증가'로 고쳐야 한다.

④ O

부피가 V_1로 일정한 상태에서 압력이 위쪽으로 증가한다. 밀폐되어 공기의 몰수가 일정하고 용기가 단단하여 부피가 일정하므로, 이상 기체 관계 (P)/(T)=일정에 따라 온도가 상승하면 압력도 상승한다.

NoteBase

오답 포인트

‘가열하면 기체가 팽창한다’는 일반적인 현상만 떠올려 ①을 고르기 쉽다. 그러나 기체가 팽창하려면 용기의 경계가 움직일 수 있어야 한다. 단단한 압력밥솥에서는 부피가 고정되므로 가열 효과가 부피 증가가 아니라 압력 증가로 나타난다.

다시 나오면 이렇게 판단

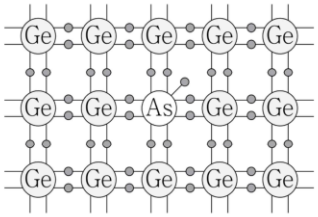
먼저 용기가 밀폐되었는지와 부피가 변할 수 있는지를 확인한다. 밀폐된 단단한 용기라면 몰수와 부피가 일정하므로 (P)/(T)=일정을 적용하고, 압력-부피 그래프에서는 수직선을 선택한다.

암기 포인트

밀폐된 단단한 용기 가열: V 일정, T 상승, P 상승이다.

NoteBase

문 4. 그림은 저마늄(Ge)에 비소(As)가 도핑된 물질의 구조를 나타낸 모형이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① n형 반도체이다.
② 원자가 전자가 비소는 5개, 저마늄은 4개이다.
③ 전압을 걸어 줄 경우 주된 전하 나르개는 양공이다.
④ 도핑으로 전도띠 바로 아래에 새로운 에너지 준위가 생긴다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 4개의 원자가 전자를 가진 저마늄 결정에 5개의 원자가 전자를 가진 비소가 치환 도핑될 때, 남는 전자가 전도 전자가 되는 과정과 도너 준위의 위치를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O — 비소의 다섯 원자가 전자 중 네 개는 주변 저마늄과 공유 결합하고, 남은 전자 한 개가 쉽게 전도 전자가 되므로 전자가 다수 운반자인 n형 반도체이다.
② O — 비소는 15족 원소로 원자가 전자가 5개이고, 저마늄은 14족 원소로 원자가 전자가 4개이다.
③ X — 틀린 표현은 '전압을 걸어 줄 경우 주된 전하 나르개는 양공이다'이다. 비소 도핑으로 남은 전자가 쉽게 자유 전자가 되므로 주된 전하 나르개는 양공이 아니라 전자이다.
④ O — 비소가 제공하는 여분의 전자는 작은 에너지만 받아도 전도띠로 올라갈 수 있으므로 전도띠 바로 아래에 도너 준위가 생긴다.

오답 포인트

③의 '양공'은 억셉터 불순물을 넣은 p형 반도체의 다수 운반자이다. 비소처럼 저마늄보다 원자가 전자가 하나 많은 불순물을 넣으면 여분의 전자가 생기므로 n형이며, 다수 운반자는 전자이다.

다시 나오면 이렇게 판단

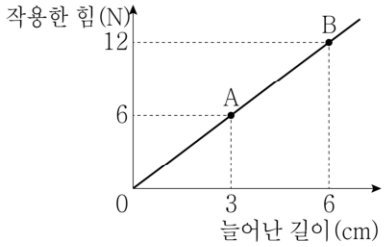
모체 원소보다 원자가 전자가 하나 많은 불순물이 보이면 남는 전자, n형, 전자가 다수 운반자, 전도띠 바로 아래의 도너 준위를 한 묶음으로 판단한다.

암기 포인트

비소 5개 − 저마늄 4개 = 남는 전자 1개 → n형 · 전자 · 도너 준위이다.

NoteBase

문 5. 그림은 용수철에 작용한 힘과 용수철이 늘어난 길이의 관계를 나타낸 것이다. 용수철을 원래 길이보다 3 cm 늘어난 A에서 6 cm 늘어난 B까지 늘리려면 해야 하는 일[J]은?



① 0.09 ② 0.18
③ 0.27 ④ 0.36

정답 3번

출제 포인트

용수철을 늘릴 때 한 일은 힘–늘어난 길이 그래프에서 해당 구간 아래의 넓이와 같다는 원리를 이용해 A에서 B까지 한 일을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A에서는 늘어난 길이가 $3cm$, 작용한 힘이 $6N$이고, B에서는 늘어난 길이가 $6cm$, 작용한 힘이 $12N$이다.
구해야 할 값: A에서 B까지 용수철을 늘리는 데 한 일이다.
주의할 조건: 이동 거리는 원래 길이로부터의 전체 늘어난 길이 $6cm$가 아니라 A와 B 사이의 차이인 $3cm = 0.03m$이다.

사용할 공식

힘이 늘어난 길이에 따라 선형으로 변하므로 그래프의 사다리꼴 넓이를 이용한다.
$W = \frac{F_A + F_B}{2}\Delta x$
이 공식을 쓰는 이유: 일은 힘–변위 그래프 아래의 넓이이고, A에서 B까지 힘이 $6N$에서 $12N$으로 일정한 비율로 증가하기 때문이다.

계산 과정

1. A에서 B까지 늘어난 길이의 변화량은 $6cm - 3cm = 3cm = 0.03m$이다.
2. 이 구간의 평균 힘은 $\frac{6+12}{2} = 9N$이다.
3. 따라서 한 일은 다음과 같다.
$W = 9N \times 0.03m = 0.27J$

NoteBase

선지 판단

① X — 0.09J는 힘의 증가분 $12N - 6N$만으로 만든 삼각형 넓이 $12 \times 6\ \mathrm{N} \times 0.03\ \mathrm{m}$이다. A에서 이미 작용하던 $6N$에 해당하는 직사각형 넓이를 빠뜨린 값이며, 올바르게는 0.27J이다.
② X — 0.18J는 A의 힘 $6N$이 구간 전체에서 일정하다고 보고 $6N \times 0.03m$로 계산한 값이다. 실제 힘은 증가하므로 올바르게는 평균 힘 $9N$을 사용한 0.27J이다.
③ O — A에서 B까지 그래프 아래의 사다리꼴 넓이는 $\frac{6+12}{2}N \times 0.03m = 0.27J$이므로 옳다.
④ X — 0.36J는 B의 힘 $12N$이 구간 전체에서 일정하다고 보고 $12N \times 0.03m$로 계산한 값이다. 실제 힘은 $6N$에서 $12N$까지 증가하므로 올바르게는 0.27J이다.

오답 포인트

A에서 B까지의 일을 구할 때 원점부터 B까지의 전체 넓이를 구하거나, A 또는 B의 힘 하나만 사용하면 안 된다. 또한 cm를 그대로 곱하지 않고 m로 바꾸어야 하며, 이 문항에서는 $3cm = 0.03m$를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

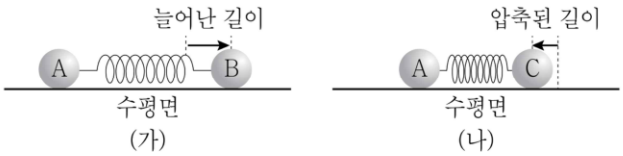
힘–변위 그래프에서 일은 요구한 시작점과 끝점 사이의 그래프 아래 넓이로 판단한다. 힘이 직선적으로 변하면 두 끝 힘의 평균에 변위 차를 곱하고, 길이 단위는 m로 변환한다.

암기 포인트

힘–변위 그래프의 넓이는 일이며, 직선 구간에서는 $W = \frac{F_1 + F_2}{2}\Delta x$이다.

NoteBase

문 6. 그림은 마찰이 없는 수평면에서 절연된 용수철의 양 끝에 대전된 두 개의 구가 연결된 것을 나타낸 것이다. (가)는 대전된 구 A, B에 의해 용수철이 늘어난 상태로 평형을 유지한 것이고, (나)는 대전된 구 A, C에 의해 용수철이 압축된 상태로 평형을 유지하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 용수철의 원래 길이를 기준으로 (가)에서 용수철이 늘어난 길이는 (나)에서 용수철이 압축된 길이보다 길다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 전기력은 A와 B, A와 C 사이에만 작용한다)



① 전하의 종류는 A와 C가 같다.
② 전하량의 크기는 B가 C보다 크다.
③ (가)에서 A에 작용한 전기력의 크기는 B에 작용한 전기력의 크기보다 크다.
④ (나)에서 용수철이 C에 작용한 힘의 크기는 용수철이 A에 작용한 힘의 크기보다 크다.

정답 2번

출제 포인트

용수철이 늘어난 (가)에서는 A와 B가 서로 밀어내므로 같은 종류의 전하이고, 용수철이 압축된 (나)에서는 A와 C가 서로 끌어당기므로 서로 다른 종류의 전하이다. 또한 평형에서는 전기력의 크기와 용수철 힘의 크기가 같으므로 변형 길이를 비교해 전기력과 전하량의 크기를 판단한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
(가)에서 A와 B는 같은 종류의 전하이고, (나)에서 A와 C는 서로 다른 종류의 전하이다. 따라서 'A와 C가 같다'는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 A와 C의 전하 종류는 서로 다르다.

② O
용수철 상수를 k, 늘어난 길이를 x_1, 압축된 길이를 x_2라 하면 평형에서 $F_{AB} = kx_1$, $F_{AC} = kx_2$이다. $x_1 > x_2$이므로 $F_{AB} > F_{AC}$이다. 또 두 구 사이의 거리는 (가)에서 원래 길이보다 길고 (나)에서 원래 길이보다 짧으므로 $r_{AB} > r_{AC}$이다. 쿨롱 법칙 $F = k_e|q_1q_2|/r^2$을 적용하면, 더 먼 거리에서도 더 큰 전기력을 만드는 B의 전하량 크기가 C보다 크다.

③ X
A와 B 사이의 전기력은 작용·반작용 관계이므로 두 구가 받는 힘의 크기는 같다. 따라서 'A에 작용한 전기력이 더 크다'는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 A와 B에 작용한 전기력의 크기는 서로 같다.

④ X
같은 용수철의 양 끝에 작용하는 탄성력은 크기가 같고 방향이 반대이다. 따라서 'C에 작용한 힘이 더 크다'는 표현이 틀렸으며, 올바르게는 용수철이 A와 C에 작용한 힘의 크기는 서로 같다.

오답 포인트

변형 길이가 더 크다는 사실만으로 전하량을 곧바로 비교하면 부족하다. ②에서는 (가)의 전기력이 더 클 뿐 아니라 구 사이 거리도 (가)가 더 길다는 두 조건을 함께 사용해야 한다. 또한 ③과 ④는 한 물체가 받는 서로 다른 힘의 평형을 묻는 것이 아니라, 두 물체 사이의 작용·반작용 힘을 비교한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

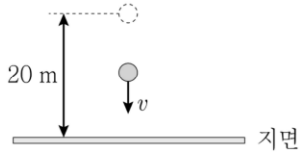
먼저 용수철이 늘어나면 전하 사이가 반발하고 압축되면 인력임을 판별한다. 다음으로 평형 조건 $F_e = F_s = kx$로 전기력을 비교하고, 마지막으로 쿨롱 법칙에서 전하량과 거리의 영향을 함께 비교한다. 같은 상호작용에서 두 물체가 서로에게 가하는 힘은 항상 크기가 같고 방향이 반대이다.

암기 포인트

늘어남은 반발, 압축은 인력이다. 평형에서는 $F_e = kx$이고, 작용·반작용 힘의 크기는 항상 같다.

NoteBase

문 7. 그림은 지면으로부터 20 m 높이에서 가만히 떨어뜨린 물체가 자유낙하 도중 물체의 운동 에너지와 지면을 기준으로 하는 중력 퍼텐셜 에너지가 같아지는 순간을 표현한 것이다. 이때 물체의 속력 v[m/s]는? (단, 중력 가속도는 10 m/s^{2}이고, 공기 저항과 물체의 크기는 무시한다)



① $5\sqrt{2}$ ② 10
③ $10\sqrt{2}$ ④ 20

정답 3번

출제 포인트

역학적 에너지 보존을 이용하여 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지가 같아지는 순간의 속력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 높이 $h_0 = 20m$, 중력 가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 운동 에너지와 지면 기준 중력 퍼텐셜 에너지가 같아지는 순간의 속력 v이다.
주의할 조건: 공기 저항을 무시하므로 역학적 에너지가 보존되며, 퍼텐셜 에너지의 기준은 지면이다.

사용할 공식

역학적 에너지 보존식은 $mgh_0 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$이다.
또한 문제의 순간에는 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$이다.
공기 저항이 없고 물체를 가만히 놓았으므로 처음의 중력 퍼텐셜 에너지가 낙하 중 운동 에너지와 중력 퍼텐셜 에너지의 합으로 보존된다.

계산 과정

1. 운동 에너지와 퍼텐셜 에너지가 같으므로 전체 역학적 에너지 mgh_0는 각각에 절반씩 분배된다. 따라서 $mgh = \frac{1}{2}mgh_0$이고, $h = 10m$이다.
2. 물체가 떨어진 거리는 $20m - 10m = 10m$이다.
3. 자유 낙하 관계식 $v^2 = 2g\Delta h$에 대입하면 $v^2 = 2 \times 10 \times 10 = 200$이다.
4. 따라서 $v = \sqrt{200} = 10\sqrt{2}\,m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $5\sqrt{2}\,m/s$는 계산 결과 $10\sqrt{2}\,m/s$와 다르다. '$5\sqrt{2}$'라는 값은 틀리며, 올바른 값은 $10\sqrt{2}$이다.
② X — $10m/s$는 $v^2 = 200$의 제곱근이 아니다. '10'이라는 값은 틀리며, 올바르게 제곱근을 계산하면 $v = 10\sqrt{2}\,m/s$이다.
③ O — 역학적 에너지 보존과 $K = U$ 조건을 적용한 결과가 $10\sqrt{2}\,m/s$이므로 맞다.
④ X — $20m/s$는 물체가 지면까지 $20m$를 모두 낙하했을 때의 속력이다. 문제의 순간에는 $10m$만 낙하했으므로 '20'이라는 값은 틀리며, 올바른 값은 $10\sqrt{2}$이다.

오답 포인트

운동 에너지와 퍼텐셜 에너지가 같다고 해서 물체가 지면에 도달한 것은 아니다. 두 에너지가 전체 역학적 에너지의 절반씩이 되는 순간은 높이 $10m$, 즉 낙하 거리 $10m$인 지점이다. 처음 높이 $20m$ 전체를 낙하 거리로 넣으면 ④의 $20m/s$를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 역학적 에너지 보존식에 주어진 에너지 관계를 결합하여 해당 순간의 높이 또는 낙하 거리를 구한 뒤, $v^2 = 2g\Delta h$로 속력을 계산한다. 높이 h와 낙하 거리 Δh를 구분하여 대입한다.

암기 포인트

높이 h_0에서 정지 상태로 낙하할 때 $K = U$이면 높이는 $h_0/2$, 낙하 거리도 $h_0/2$이다.

NoteBase

문 8. 표는 등속 운동을 하는 입자 A, B의 운동량, 속력, 물질파 파장을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

입자	운동량	속력	물질파 파장
A	p	v	㉠
B	$2p$	$3v$	λ

① ㉠은 3λ이다.
② 플랑크 상수는 $3\lambda p$이다.
③ 입자의 질량은 B가 A의 2배이다.
④ A와 B의 운동 에너지 비는 1 : 6이다.

정답 4번

출제 포인트

드브로이 물질파 파장 $\lambda = h/p$, 운동량 $p = mv$, 운동 에너지 $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}pv$를 이용하여 두 입자의 물리량을 비교하는 문제이다.

조건 정리

입자 A: 운동량 p, 속력 v, 물질파 파장 ㄱ이다.
입자 B: 운동량 $2p$, 속력 $3v$, 물질파 파장 λ이다.
두 입자의 운동량과 속력은 같은 기준량 p, v의 배수로 주어져 있으므로 비율로 비교한다.

사용할 공식

물질파 파장: $\lambda = \frac{h}{p}$
운동량: $p = mv$
운동 에너지: $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}pv$

입자의 물질파 파장은 운동량에 반비례하고, 질량은 운동량을 속력으로 나누어 구하며, 운동 에너지는 운동량과 속력의 곱의 절반으로 나타낼 수 있으므로 이 공식들을 사용한다.

계산 과정

1. B의 물질파 파장에서 $\lambda = \frac{h}{2p}$이므로 $h = 2p\lambda$이다.
2. A의 물질파 파장은 $\frac{h}{p} = \frac{2p\lambda}{p} = 2\lambda$이므로 ㄱ은 2λ이다.
3. 질량은 $m_A = \frac{p}{v}$, $m_B = \frac{2p}{3v} = \frac{2}{3}m_A$이다.
4. 운동 에너지는 $K_A = \frac{1}{2}pv$, $K_B = \frac{1}{2}(2p)(3v) = 3pv$이므로 $K_A : K_B = 1 : 6$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — ㄱ은 3λ가 아니라 2λ이다. 물질파 파장은 운동량에 반비례하므로 운동량이 B의 절반인 A의 파장은 B의 2배이다.
② X — 플랑크 상수는 $3\lambda p$가 아니라 $2p\lambda$이다. B에 $\lambda = \frac{h}{2p}$를 적용하면 $h = 2p\lambda$이다.
③ X — B의 질량은 A의 2배가 아니라 $\frac{2}{3}$배이다. $m = p/v$이므로 $m_B/m_A = (2p/3v)/(p/v) = 2/3$이다.
④ O — $K = \frac{1}{2}pv$이므로 A와 B의 운동 에너지 비는 $(pv) : (2p \cdot 3v) = 1 : 6$이다.

오답 포인트

운동량이 커질수록 물질파 파장도 커진다고 생각하면 ①을 잘못 판단한다. 물질파 파장은 운동량에 반비례한다. 또한 ③에서는 운동량의 배수만 보고 질량도 2배라고 판단하기 쉽지만, 질량을 비교할 때는 속력의 3배도 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

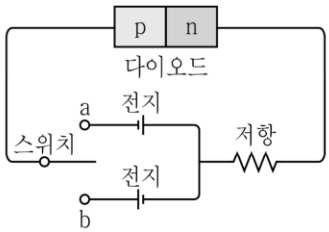
물질파 문제에서는 먼저 $\lambda = h/p$로 파장과 플랑크 상수를 정리하고, 질량은 $m = p/v$, 운동 에너지는 $K = \frac{1}{2}pv$로 바꾸어 주어진 운동량과 속력의 배수를 곧바로 비교한다.

암기 포인트

물질파 파장은 운동량에 반비례하고, 질량은 운동량÷속력, 운동 에너지는 운동량×속력÷2이다.

NoteBase

문 9. 그림은 p−n 접합 다이오드, 저항, 전지, 스위치로 구성한 회로이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 스위치를 a에 연결하면 다이오드에 순방향 바이어스가 걸린다.
② 스위치를 a에 연결하면 p형 반도체에서 n형 반도체로 전류가 흐른다.
③ 스위치를 b에 연결하면 양공과 전자가 계속 결합하면서 전류가 흐른다.
④ 스위치를 b에 연결하면 n형 반도체에 있는 전자가 p−n 접합면에서 멀어진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 전지 기호의 긴 선이 (+)극, 짧은 선이 (−)극임을 읽고 p-n 접합 다이오드의 순방향·역방향 바이어스와 전하 운반자의 이동을 판단하는 문제이다. a에 연결하면 p형 쪽이 (−)극이고 n형 쪽이 (+)극인 역방향 바이어스이며, b에 연결하면 p형 쪽이 (+)극이고 n형 쪽이 (−)극인 순방향 바이어스이다.

선지별 해설

① X — 스위치를 a에 연결하면 p형 반도체가 전지의 (−)극, n형 반도체가 (+)극에 연결되므로 역방향 바이어스가 걸린다. '순방향 바이어스'는 '역방향 바이어스'로 고쳐야 한다.
② X — a에 연결하면 역방향 바이어스가 걸려 다수 운반자가 접합면에서 멀어지므로 전류가 거의 흐르지 않는다. 'p형 반도체에서 n형 반도체로 전류가 흐른다'는 '전류가 거의 흐르지 않는다'로 고쳐야 한다.
③ O — b에 연결하면 p형 반도체가 (+)극, n형 반도체가 (−)극에 연결되어 순방향 바이어스가 걸린다. p형의 양공과 n형의 전자가 접합면 쪽으로 이동하여 계속 결합하고, 전지에서 운반자가 공급되므로 전류가 흐른다.
④ X — b에 연결하면 n형 반도체가 전지의 (−)극에 연결된다. n형 반도체의 전자는 (−)극의 반발을 받아 p-n 접합면 쪽으로 이동하므로 접합면에서 멀어지는 것이 아니다. '접합면에서 멀어진다'는 '접합면 쪽으로 이동한다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

a와 b에 연결된 두 전지의 방향이 서로 반대라는 점이 핵심 함정이다. a에서는 역방향 바이어스가 걸려 전류가 거의 흐르지 않고, b에서는 순방향 바이어스가 걸려 양공과 전자가 접합면 쪽으로 이동하면서 전류가 흐른다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

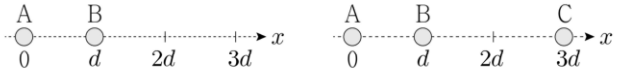
먼저 전지 기호의 긴 선을 (+)극으로 확인한다. p형-(+), n형-(−)이면 순방향이므로 공핍층이 좁아지고 전류가 잘 흐른다. p형-(−), n형-(+)이면 역방향이므로 다수 운반자가 접합면에서 멀어지고 공핍층이 넓어져 전류가 거의 흐르지 않는다.

암기 포인트

p형에 (+)극이면 순방향·전류 흐름, p형에 (−)극이면 역방향·공핍층 확대이다.

NoteBase

문 10. 그림 (가)는 동일한 크기의 전하량을 가진 두 점 전하 A, B를 각각 $x=0$, $x=d$인 지점에 고정한 모습을 나타낸 것이다. 이때 B에 작용하는 전기력의 방향은 $+x$방향이다. 그림 (나)는 그림 (가)에 점 전하 C를 $x=3d$인 지점에 추가하여 고정한 모습을 나타낸 것으로 이때 B에 작용하는 알짜 힘은 0이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



(가)

(나)

① 전하량은 C가 A의 2배이다.
② A와 B는 서로 다른 종류의 전하이다.
③ A와 C 사이에는 서로 당기는 힘이 작용한다.
④ B가 A에 작용하는 힘의 크기는 C가 A에 작용하는 힘의 크기보다 크다.

정답 4번

출제 포인트

쿨롱 힘의 방향과 거리의 제곱에 반비례하는 크기 관계를 이용하여 세 전하의 부호와 전하량의 비를 판단하는 문제이다.

조건 정리

A와 B의 전하량 크기는 같고, A는 $x = 0$, B는 $x = d$, C는 $x = 3d$에 고정되어 있다.
처음에 A가 B에 미는 힘이 $+x$ 방향이므로 A와 B는 같은 부호이다.
C를 추가한 뒤 B의 알짜 힘이 0이 되려면 C가 B를 $-x$ 방향으로 밀어야 하므로 B와 C도 같은 부호이다. 따라서 A, B, C는 모두 같은 부호이다.

사용할 공식

두 점전하 사이에 작용하는 전기력의 크기는
$F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$
이다. 점전하 사이의 힘은 거리의 제곱에 반비례하므로, B에서 A까지의 거리 d와 B에서 C까지의 거리 $2d$를 각각 대입하여 두 힘의 크기를 비교한다.

NoteBase

계산 과정

A와 B의 전하를 각각 q, C의 전하를 Q라 둔다.

B에 작용하는 A의 힘과 C의 힘은 방향이 반대이고 크기가 같아야 하므로

$k\frac{q^2}{d^2} = k\frac{|qQ|}{(2d)^2}$

이다. 이를 정리하면

$|Q| = 4|q|$

이다. 또한 세 전하는 같은 부호이므로 A와 C 사이에도 서로 미는 힘이 작용한다.

A에 작용하는 B의 힘은 $F_{BA} = kq^2/d^2$이고, C의 힘은

$F_{CA} = k\frac{|qQ|}{(3d)^2} = \frac{4}{9}k\frac{q^2}{d^2}$

이다. 따라서 $F_{BA} > F_{CA}$이다.

선지 판단

① X — ‘C가 A의 2배’가 틀렸다. B에서 C까지의 거리가 A까지 거리의 2배이므로 같은 크기의 힘을 만들려면 C의 전하량 크기는 A의 4배이다. 올바르게는 ‘전하량의 크기는 C가 A의 4배이다’이다.

② X — ‘A와 B는 서로 다른 종류의 전하’가 틀렸다. A가 왼쪽에서 B를 $+x$ 방향으로 밀므로 A와 B는 같은 종류, 즉 같은 부호의 전하이다.

③ X — ‘A와 C 사이에는 서로 당기는 힘’이 틀렸다. B의 알짜 힘을 0으로 만들기 위해 C는 B와 같은 부호여야 하고 A도 B와 같은 부호이므로, A와 C 사이에는 서로 미는 힘이 작용한다.

④ O — B가 A에 작용하는 힘은 kq^2/d^2, C가 A에 작용하는 힘은 $(4/9)kq^2/d^2$이므로 전자가 더 크다.

오답 포인트

B와 C 사이의 거리가 A와 B 사이 거리의 2배라는 사실만 보고 C의 전하량도 2배라고 판단하기 쉽다. 쿨롱 힘은 거리가 아니라 거리의 제곱에 반비례하므로 거리가 2배이면 같은 힘을 내기 위한 전하량은 4배가 되어야 한다. 또한 ‘알짜 힘이 0’은 힘의 방향이 반대라는 뜻이므로 전하의 부호 판단도 함께 해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 힘의 방향으로 전하들의 부호 관계를 정하고, 평형 조건에서 반대 방향 힘의 크기를 같게 둔다. 그다음 각 전하 사이의 실제 거리를 쿨롱 법칙의 r^2에 대입하여 전하량의 비와 힘의 크기를 비교한다.

암기 포인트

쿨롱 힘은 $F \propto |q_1 q_2|/r^2$이다. 같은 힘을 유지할 때 거리가 2배이면 전하량 곱은 4배가 되어야 한다.

NoteBase

문 11. 다음은 단색광 A, B, C의 활용 예이다. A, B, C의 진동수를 각각 f_A, f_B, f_C라 할 때, 크기를 비교한 것으로 옳은 것은?

○ A를 측정하여 접촉하지 않고 물체의 온도를 측정한다.
○ B의 투과력을 이용하여 공항 검색대에서 가방 내부를 촬영한다.
○ C의 형광 작용을 통해 위조지폐를 감별한다.

① $f_A > f_B > f_C$ ② $f_B > f_C > f_A$
③ $f_C > f_A > f_B$ ④ $f_C > f_B > f_A$

정답 2번

출제 포인트

전자기파의 활용 사례를 적외선·자외선·X선에 연결하고, 각 전자기파의 진동수를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

A: 비접촉 온도계는 물체가 방출하는 적외선을 감지하여 온도를 측정한다.
B: 공항 수하물 검색대는 투과력이 큰 X선을 이용하여 가방 내부를 촬영한다.
C: 위조지폐 감별은 자외선을 비추었을 때 나타나는 형광을 이용한다.
전자기파의 진동수는 적외선 < 자외선 < X선 순이므로, $f_A < f_C < f_B$이다.

선지별 해설

① X — $f_A > f_B > f_C$는 적외선의 진동수가 X선과 자외선보다 크다고 본 점이 틀리다. 올바른 관계는 $f_B > f_C > f_A$이다.
② O — B는 X선, C는 자외선, A는 적외선이므로 진동수는 $f_B > f_C > f_A$이다.
③ X — $f_C > f_A > f_B$는 X선인 B의 진동수를 가장 작게 둔 점이 틀리다. 올바른 관계는 $f_B > f_C > f_A$이다.
④ X — $f_C > f_B > f_A$는 자외선인 C가 X선인 B보다 진동수가 크다고 본 점이 틀리다. 올바른 관계는 $f_B > f_C > f_A$이다.

오답 포인트

비접촉 온도계가 적외선을 이용한다는 점과 위조지폐 감별이 자외선을 이용한다는 점을 바꾸어 연결하거나, 투과력이 큰 X선의 진동수를 자외선보다 작게 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 활용 사례를 전자기파에 대응시킨 뒤, 전자기파 스펙트럼에서 적외선 < 가시광선 < 자외선 < X선 순으로 진동수가 커진다는 기준을 적용한다.

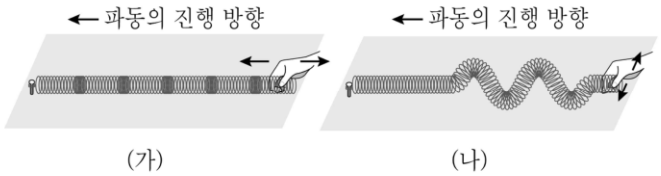
NoteBase

암기 포인트

온도 측정은 적외선, 형광 감별은 자외선, 내부 투시는 X선이며 진동수는 적외선 < 자외선 < X선이다.

NoteBase

문 12. 그림 (가), (나)는 각각 수평인 실험대 위에 파동 실험용 용수철을 올려놓은 후 용수철의 한쪽 끝을 잡고 각각 앞뒤와 좌우로 흔들면서 파동을 발생시켰을 때 파동의 진행 방향을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



(가) (나)

① (가)에서와 같이 진행하는 파동에는 소리(음파)가 있다.
② (가)에서 용수철의 진동수가 감소하면 파장은 짧아진다.
③ (나)에서 용수철의 진동 방향과 파동의 진행 방향은 같다.
④ (나)에서 진동수의 변화 없이 용수철을 좌우로 조금 더 크게 흔들면 파동의 진행 속력은 빨라진다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 파동의 진행 방향과 용수철 각 부분의 진동 방향을 비교하여 종파와 횡파를 구별하고, 진동수·파장·파동 속력의 관계를 판단하는 문제이다. (가)는 두 방향이 나란한 종파이고, (나)는 두 방향이 수직인 횡파이다.

선지별 해설

① O - (가)에서는 용수철의 진동 방향과 파동의 진행 방향이 나란하므로 종파이다. 공기 중의 소리인 음파도 매질의 진동 방향과 진행 방향이 나란한 종파이므로 옳다.
② X - 같은 용수철에서 파동의 속력이 일정할 때 $v = f\lambda$이므로 진동수 f가 감소하면 파장 λ는 길어진다. 틀린 표현 '파장은 짧아진다'는 '파장은 길어진다'로 고쳐야 한다.
③ X - (나)는 용수철의 진동 방향이 위아래이고 파동은 왼쪽으로 진행하므로 두 방향은 서로 수직이다. 틀린 표현 '진동 방향과 파동의 진행 방향은 같다'는 '진동 방향과 파동의 진행 방향은 서로 수직이다'로 고쳐야 한다.
④ X - 같은 용수철에서 장력과 선밀도가 변하지 않으면 파동의 진행 속력은 진폭과 관계없이 일정하다. 틀린 표현 '조금 더 크게 흔들면 파동의 진행 속력은 빨라진다'는 '조금 더 크게 흔들면 진폭은 커지지만 파동의 진행 속력은 변하지 않는다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

그림의 용수철 모양만 보고 (가)를 횡파, (나)를 종파로 뒤바꾸기 쉽다. 파동의 종류는 용수철의 겉모양이 아니라 손이 흔들리는 방향과 파동의 진행 방향이 나란한지 또는 수직인지로 판단한다. 또한 진폭을 크게 하는 것은 파동의 에너지를 키우지만, 같은 매질에서 파동의 속력을 키우지는 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

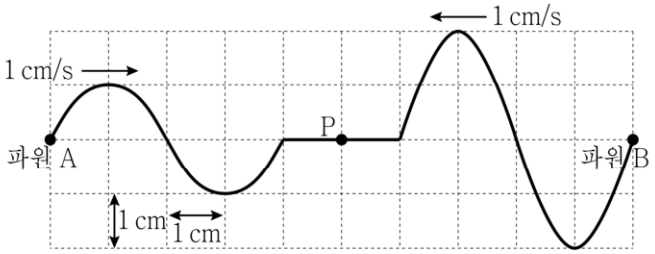
먼저 파동의 진행 방향과 매질의 진동 방향을 각각 표시한다. 두 방향이 나란하면 종파, 수직이면 횡파이다. 같은 매질에서는 $v = f\lambda$를 적용하여 진동수와 파장이 반비례함을 판단하고, 진폭의 변화와 파동 속력의 변화를 구분한다.

암기 포인트

진행 방향과 진동 방향이 나란하면 종파, 수직이면 횡파이다. 같은 매질에서는 진동수와 파장은 반비례하고, 진폭을 바꾸어도 파동 속력은 변하지 않는다.

NoteBase

문 13. 그림은 파원 A, 파원 B에서 줄을 따라 서로 마주 보고 진행하는 두 파동의 순간 모습을 나타낸 것이다. 두 파동의 속력은 모두 1 cm/s이고, 점 P는 줄 위의 한 점이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 점선으로 표시된 눈금의 가로세로 길이는 각각 1 cm이다)



① 파원 A에서 출발한 파동의 파장은 4 cm이다.
② 파원 B에서 출발한 파동의 진동수는 0.25 Hz이다.
③ 그림의 상황에서 2초가 지난 후 P의 변위는 1 cm이다.
④ 두 파동이 중첩될 때 합성파의 변위 최댓값은 진동중심에서 1 cm이다.

정답 4번

출제 포인트

파동의 순간 모습에서 파장과 진폭을 읽고, 진행 방향에 따라 파형을 평행 이동한 뒤 중첩 원리로 합성 변위를 구하는 문제이다.

조건 정리

격자 한 칸의 가로·세로 길이는 모두 $1cm$이다. A파의 진폭은 $1cm$, B파의 진폭은 $2cm$이고, 두 파동의 파장은 모두 $4cm$이다. 두 파동의 속력은 각각 $1cm/s$이며 A파는 오른쪽, B파는 왼쪽으로 진행한다.

사용할 공식

진동수는 $f = v/\lambda$로 구한다. 시간 t 동안 파형이 이동하는 거리는 $d = vt$이고, 두 파동이 만난 점의 합성 변위는 $y = y_A + y_B$이다. 파형의 모양이 변하지 않은 채 진행하므로, 이동 전 파형에서 대응하는 점의 변위를 찾아 더한다.

NoteBase

계산 과정

1. A파에서 마루와 골 사이의 가로 길이는 2칸, 즉 $2cm$로 반 파장에 해당하므로 $\lambda_A = 4cm$이다. B파도 마루에서 골까지가 가로 2칸, 즉 반 파장이므로 $\lambda_B = 4cm$이다.
2. B파의 진동수는 $f_B = v/\lambda_B = (1cm/s)/(4cm) = 0.25Hz$이다.
3. 2초 동안 각 파형은 $d = vt = (1cm/s)(2s) = 2cm$ 이동한다. A파는 오른쪽으로 이동하므로 2초 뒤 P의 변위는 처음에 P보다 $2cm$ 왼쪽에 있던 골의 변위 $-1cm$이다. B파는 왼쪽으로 이동하므로 2초 뒤 P의 변위는 처음에 P보다 $2cm$ 오른쪽에 있던 마루의 변위 $+2cm$이다. 따라서 P의 합성 변위는 $(-1) + (+2) = +1cm$ 이다.
4. 두 파동의 마루가 겹치면 변위는 $+1 + 2 = +3cm$가 되므로 합성파의 가능한 변위 최댓값은 진동 중심에서 $3cm$이다.

선지 판단

① O — A파의 마루와 골 사이 길이는 가로 2칸인 $2cm$로 반 파장이므로 파장은 $4cm$이다.
② O — B파의 파장은 $4cm$이므로 $f = v/\lambda = (1cm/s)/(4cm) = 0.25Hz$이다.
③ O — 2초 뒤 P에서 A파의 변위는 $-1cm$, B파의 변위는 $+2cm$이므로 합성 변위는 $+1cm$이다.
④ X — '변위 최댓값은 진동 중심에서 $1cm$'가 잘못되었다. 두 파동이 같은 방향의 최대 변위를 가질 때 진폭을 더하므로, 올바르게는 합성파의 변위 최댓값이 진동 중심에서 $3cm$이다.

오답 포인트

④의 $1cm$는 두 진폭의 차 $2 - 1$에서 나온 값으로, 상쇄 간섭 때의 최소 진폭에 해당한다. 문제는 변위의 최댓값을 묻고 있으므로 보강 간섭 때처럼 두 진폭을 더해야 한다. 또한 ③에서는 두 파형을 같은 방향으로 옮기지 않고 A파는 오른쪽, B파는 왼쪽으로 각각 옮겨야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

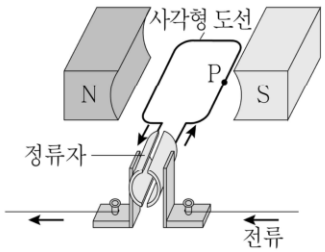
먼저 격자에서 진폭과 파장을 읽고, $d = vt$만큼 각 파형을 진행 방향으로 평행 이동한다. 특정 점의 변위는 이동한 두 파형의 부호까지 포함해 더하며, 가능한 합성 변위의 최댓값은 두 진폭의 합으로 판단한다.

암기 포인트

보강 간섭의 최대 진폭은 $A_1 + A_2$, 상쇄 간섭의 최소 진폭은 $|A_1 - A_2|$이다.

NoteBase

문 14. 그림은 전동기의 구조를 모식적으로 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. 전기 에너지를 운동 에너지로 변환한다.
ㄴ. 전류가 많이 흐를수록 회전 속력이 빨라진다.
ㄷ. 사각형 도선의 점 P는 위쪽으로 힘을 받는다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직류 전동기에서 전류가 흐르는 도선이 자기장 속에서 받는 힘의 방향과 전류·회전 운동의 관계를 판단하는 문제이다. 그림에서 자기장은 N극에서 S극인 왼쪽에서 오른쪽으로 향하며, 정류자는 코일이 계속 같은 방향으로 회전하도록 코일의 전류 방향을 반 바퀴마다 바꾼다.

선지별 해설

① O — ㄱ과 ㄴ이 모두 옳다. 전동기는 전기 에너지를 회전 운동 에너지로 바꾸며, 전류가 커지면 코일이 받는 자기력이 커져 회전시키는 효과도 커진다.

② X — ㄱ은 옳지만 ㄷ은 옳지 않다. 틀린 표현은 '점 P는 위쪽으로 힘을 받는다'이며, 올바르게는 점 P가 있는 도선은 자기장과 전류에 모두 수직인 방향, 즉 그림의 종이 면에 수직인 방향으로 힘을 받는다.

③ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ은 옳지 않으므로 옳은 설명을 모두 고른 조합이 아니다. ㄷ은 '위쪽'이 아니라 자기장과 전류에 모두 수직인 종이 면 방향으로 고쳐야 한다.

④ X — ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ은 옳지 않다. 따라서 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 고른 것은 틀리며, 옳은 설명만 고르면 ㄱ, ㄴ이다.

NoteBase

오답 포인트

점 P가 도선의 위쪽에 그려져 있다는 사실과 도선이 받는 힘의 방향을 혼동하기 쉽다. 자기력의 방향은 그림에서의 위치가 아니라 자기장의 방향과 전류의 방향을 이용해 판단한다. 또한 전류가 커질 때 직접 커지는 것은 자기력과 회전력이며, 이 문항에서는 그 결과 회전이 더 빨라진다고 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

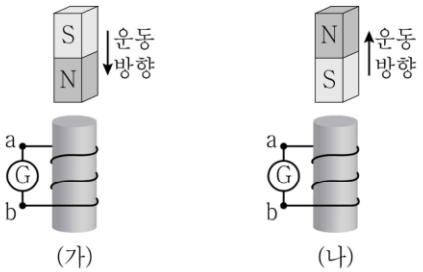
먼저 자기장을 N극에서 S극 방향으로 표시하고, 해당 도선의 전류 방향을 확인한 뒤 두 방향에 모두 수직인 자기력의 방향을 정한다. 전동기에서는 전류가 커질수록 도선에 작용하는 자기력과 회전 효과가 커진다는 관계를 함께 적용한다.

암기 포인트

전동기는 전기 에너지를 운동 에너지로 바꾸며, 전류가 클수록 자기력과 회전 효과가 커진다. 자기력의 방향은 전류와 자기장에 모두 수직이다.

NoteBase

문 15. 그림 (가)와 (나)는 검류계 G가 연결된 코일에 막대자석의 N극이 가까워지거나 막대자석의 S극이 멀어지는 모습을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 막대자석은 반자성체이다.
② 검류계 G에 흐르는 전류의 방향은 (가)와 (나)에서 같다.
③ (가)에서 막대자석에 의해 코일을 통과하는 자기 선속은 감소한다.
④ 막대자석이 코일에 작용하는 자기력의 방향은 (가)와 (나)에서 같다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 자석의 극과 운동 방향으로 코일을 지나는 자기 선속의 변화를 파악하고, 렌츠 법칙으로 유도 전류와 자석에 작용하는 자기력의 방향을 판단하는 문제이다. 코일의 유도 자기장은 자기 선속의 변화를 방해하는 방향으로 생긴다.

NoteBase

선지별 해설

① X
막대자석은 스스로 자기장을 만드는 영구 자석이며 강자성체로 다룬다. '반자성체이다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 '막대자석은 강자성체이다'이다.

② O
(가)에서는 N극이 코일에 가까워져 코일을 아래쪽으로 통과하는 자기 선속이 증가하므로, 코일은 이를 방해하는 위쪽 자기장을 만든다. (나)에서는 S극이 코일에서 멀어져 코일을 위쪽으로 통과하는 자기 선속이 감소하므로, 코일은 감소를 막기 위해 역시 위쪽 자기장을 만든다. 코일의 감긴 방향이 같으므로 두 경우 검류계 G에 흐르는 유도 전류의 방향은 같다.

③ X
(가)에서는 N극이 코일에 가까워지므로 막대자석에 의한 자기장의 세기가 커지고 코일을 통과하는 자기 선속의 크기도 증가한다. '자기 선속은 감소한다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 '자기 선속의 크기는 증가한다'이다.

④ X
렌츠 법칙에 따라 자기력은 자석의 운동을 방해하는 방향으로 작용한다. (가)에서는 아래로 가까워지는 자석을 밀어 올리므로 자기력이 위쪽이고, (나)에서는 위로 멀어지는 자석을 끌어당기므로 자기력이 아래쪽이다. '자기력의 방향은 같다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 '(가)와 (나)에서 자기력의 방향은 서로 반대이다'이다.

오답 포인트

'N극이 접근하는 경우'와 'S극이 멀어지는 경우'는 자석의 극도 다르고 운동 방향도 달라 유도 전류가 반대라고 착각하기 쉽다. 그러나 (가)는 아래쪽 자기 선속의 증가를 막고, (나)는 위쪽 자기 선속의 감소를 막아야 하므로 두 경우 모두 코일의 유도 자기장은 위쪽이다. 반면 자석에 작용하는 자기력은 각각의 운동을 방해하므로 (가)에서는 위쪽, (나)에서는 아래쪽이다.

다시 나오면 이렇게 판단

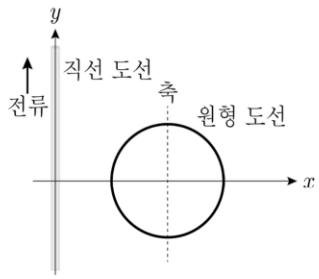
먼저 자석이 만든 자기장이 코일을 어느 방향으로 통과하는지 정하고, 자석의 접근·후퇴에 따라 그 자기 선속이 증가하는지 감소하는지 판단한다. 다음으로 그 변화를 방해하도록 코일의 유도 자기장 방향을 정한다. 같은 방향의 유도 자기장을 만드는 동일한 코일에서는 유도 전류의 방향도 같다.

암기 포인트

렌츠 법칙은 '자기 선속의 변화를 방해한다'이다. 접근하는 자석은 밀어내고, 멀어지는 자석은 끌어당긴다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 $+y$ 방향으로 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선과 원형 도선이 xy 평면에 놓여 있다. 원형 도선에 전류가 유도되는 경우로 옳지 않은 것은?



① 그림의 점선을 축으로 원형 도선을 회전시킨다.
② 원형 도선을 직선 도선 쪽으로 가까이 이동시킨다.
③ 원형 도선을 y축과 나란한 방향으로 회전 없이 이동시킨다.
④ 직선 도선에 흐르는 전류의 세기를 일정한 비율로 증가시킨다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 무한 직선 도선과 원형 도선의 상대적 배치가 변할 때 원형 도선을 지나는 자기 선속이 변하는지를 판단하는 문제이다. 유도 기전력은 패러데이 법칙 $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$에 따라 자기 선속 $\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$가 변할 때 생긴다.

선지별 해설

① O — 점선을 축으로 원형 도선을 회전시키면 도선의 면 방향과 각 부분의 공간적 위치가 바뀌어 직선 도선의 자기장이 만드는 자기 선속이 변하므로 유도 전류가 흐른다.

② O — 원형 도선을 직선 도선 쪽으로 가까이 이동시키면 직선 도선으로부터의 거리가 감소한다. 직선 도선의 자기장 세기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이므로 원형 도선을 지나는 자기 선속이 변하여 유도 전류가 흐른다.

③ X — 원형 도선을 y축과 나란한 방향으로 회전 없이 이동시키면 무한 직선 도선과 원형 도선의 각 부분 사이의 수직거리와 면의 방향이 모두 그대로이다. 따라서 자기장 분포와 자기 선속이 변하지 않아 유도 전류가 흐르지 않는다. '유도 전류가 흐르는 경우'라는 판단이 틀린 표현이며, 올바르게는 유도 전류가 흐르지 않는 경우이다.

④ O — 직선 도선의 전류를 일정한 비율로 증가시키면 자기장 세기도 전류에 비례하여 증가한다. 이에 따라 원형 도선을 지나는 자기 선속이 변하므로 유도 전류가 흐른다.

오답 포인트

원형 도선이 움직인다는 사실만으로 유도 전류가 생기는 것은 아니다. ③에서는 무한 직선 도선의 길이 방향인 y 방향으로 평행 이동하므로 직선 도선과의 수직거리 및 도선 면의 방향이 변하지 않는다. 따라서 자기 선속도 일정하다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

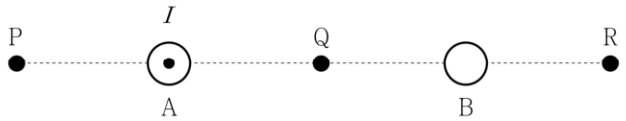
먼저 직선 도선의 자기장이 거리 r에 따라 달라진다는 점을 확인하고, 운동이나 전류 변화 전후에 원형 도선을 지나는 자기 선속 Φ_B가 변하는지를 비교한다. 위치가 바뀌어도 거리와 면의 방향이 모두 같으면 자기 선속은 변하지 않는다.

암기 포인트

움직임 자체가 아니라 자기 선속의 변화가 유도 전류를 만든다. 무한 직선 도선과 평행한 방향으로 그대로 옮기면 자기 선속은 변하지 않는다.

NoteBase

문 17. 그림은 종이 면에서 수직으로 나오는 방향으로 전류 I가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 A와 전류가 흐르는 무한히 긴 직선 도선 B를 나타낸 것이다. 점 P, Q, R은 두 직선 도선을 잇는 직선상의 점들이고, A와 B 사이의 정중앙 점 Q에서 자기장의 세기가 0이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 직선 도선 B의 전류의 세기는 $2I$이다.
② 점 P에서 자기장의 방향은 아래 방향이다.
③ 점 R에서 자기장의 방향은 아래 방향이다.
④ 직선 도선 B의 전류의 방향은 종이 면에 수직으로 들어가는 방향이다.

정답 2번

출제 포인트

무한히 긴 직선 도선의 자기장 세기와 오른손 법칙을 이용하여 도선 B의 전류와 P, R에서의 자기장 방향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

A에는 종이 면에서 수직으로 나오는 방향의 전류 I가 흐른다. Q는 A와 B의 정중앙이고, Q에서 합성 자기장의 세기는 0이다. 따라서 Q에서 A와 B가 만드는 자기장은 세기가 같고 방향이 반대여야 한다.

사용할 공식

무한히 긴 직선 도선에서 거리 r만큼 떨어진 점의 자기장 세기는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$이다. Q는 두 도선에서 같은 거리에 있으므로 Q에서 두 자기장의 세기가 같으려면 두 전류의 세기도 같아야 한다. 자기장의 방향은 오른손 법칙으로 정한다.

계산 과정

1. A와 B 사이의 거리를 d라 하면 Q는 각 도선에서 $d/2$만큼 떨어져 있다.
2. Q에서 두 자기장의 세기가 같으므로 $\frac{\mu_0 I}{2\pi(d/2)} = \frac{\mu_0 I_B}{2\pi(d/2)}$이고, 따라서 $I_B = I$이다.
3. A의 전류가 종이 밖으로 나오므로 A의 오른쪽에 있는 Q에서 A가 만드는 자기장은 위쪽이다. 이를 상쇄하려면 B가 Q에서 아래쪽 자기장을 만들어야 하므로 B의 전류도 종이 밖으로 나오는 방향이다.
4. P는 두 도선의 왼쪽에 있어 두 자기장이 모두 아래쪽이고, R은 두 도선의 오른쪽에 있어 두 자기장이 모두 위쪽이다.

NoteBase

선지 판단

① X — B의 전류 세기는 2*I*가 아니라 *I*이다. Q가 두 도선에서 같은 거리에 있으므로 자기장을 상쇄하려면 두 전류의 세기가 같아야 한다.
② O — P는 A와 B의 왼쪽에 있고 두 전류가 모두 종이 밖으로 나오므로, 오른손 법칙에 따라 두 도선이 만드는 자기장이 모두 아래쪽이다.
③ X — R에서 자기장의 방향은 아래쪽이 아니라 위쪽이다. R은 두 도선의 오른쪽에 있으므로 두 자기장이 모두 위쪽으로 향한다.
④ X — B의 전류 방향은 종이 면으로 들어가는 방향이 아니라 종이 면에서 나오는 방향이다. 그래야 B의 왼쪽인 Q에서 아래쪽 자기장을 만들어 A의 위쪽 자기장과 상쇄한다.

오답 포인트

Q에서 자기장이 0이라는 조건은 두 자기장의 세기만 같은 것이 아니라 방향도 반대라는 뜻이다. 또한 P와 R에서는 두 도선까지의 거리가 서로 달라도 각 도선이 만드는 자기장의 방향이 같으므로, 세기 계산 없이 합성 자기장의 방향을 판단할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

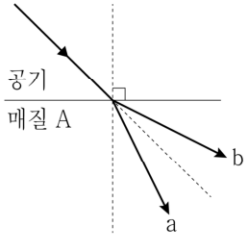
먼저 자기장이 0인 점에서 거리와 전류 세기의 관계를 공식으로 비교하고, 다음으로 각 도선에 오른손 법칙을 적용하여 방향의 상쇄 여부를 확인한다. 두 도선 바깥쪽의 점에서는 각 자기장이 같은 방향인지 반대 방향인지부터 판단한다.

암기 포인트

종이 밖으로 나오는 전류의 자기장은 반시계 방향이다. 도선의 왼쪽에서는 아래쪽, 오른쪽에서는 위쪽이다.

NoteBase

문 18. 그림은 공기에서 매질 A로 단색광이 동일한 입사각으로 입사한 후 굴절하는 경로를 나타낸 것이고, 표는 상온에서 매질 A에 해당하는 세 가지 물질의 굴절률을 나타내고 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



물	1.33
유리	1.50
다이아몬드	2.42

ㄱ. 매질 A가 물이면 단색광의 굴절은 b와 같이 일어난다.
ㄴ. 단색광의 속력은 공기 중에서보다 매질 A에서 더 크다.
ㄷ. 매질 A의 물질 중 공기에 대한 임계각이 가장 큰 물질은 물이다.
ㄹ. 단색광이 공기에서 매질 A로 진행하는 동안 단색광의 진동수는 변하지 않는다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 공기에서 굴절률이 더 큰 매질로 진행할 때 빛이 법선 쪽으로 굴절한다는 도식의 특징과, 굴절률에 따른 빛의 속력·임계각 및 진동수의 관계를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ과 ㄴ은 모두 옳지 않다. 물의 굴절률은 1.33으로 공기보다 크므로 빛은 법선 쪽인 a 방향으로 굴절하며, 매질에서의 속력은 $v = c/n$이므로 공기 중에서보다 작다. 틀린 조합 'ㄱ, ㄴ'은 'ㄷ, ㄹ'로 고쳐야 한다.

② X
ㄹ은 옳지만 ㄱ이 옳지 않다. 공기에서 물로 입사한 빛은 법선에서 멀어지는 b가 아니라 법선에 가까워지는 a 방향으로 굴절한다. 따라서 'ㄱ, ㄹ'에서 ㄱ을 ㄷ으로 고쳐 'ㄷ, ㄹ'로 해야 한다.

③ X
ㄷ은 옳지만 ㄴ이 옳지 않다. 굴절률이 1보다 큰 매질 A에서 단색광의 속력은 $v = c/n$에 따라 공기 중보다 작다. 따라서 'ㄴ, ㄷ'에서 ㄴ을 ㄹ로 고쳐 'ㄷ, ㄹ'로 해야 한다.

④ O
ㄷ과 ㄹ은 모두 옳다. 매질에서 공기로 나갈 때 임계각은 $\sin\theta_c = 1/n$이므로 굴절률이 가장 작은 물의 임계각이 가장 크다. 또한 빛이 경계를 통과할 때 속력과 파장은 변하지만 진동수는 광원에 의해 정해져 변하지 않는다.

오답 포인트

b를 법선 쪽으로 꺾인 경로로 착각하거나 굴절률이 클수록 임계각도 크다고 생각하기 쉽다. 도식에서는 점선인 법선과 이루는 각을 비교해야 하므로 a가 법선 쪽 경로이다. 또한 $\sin\theta_c = 1/n$이므로 굴절률과 임계각의 크기 관계는 반대이다.

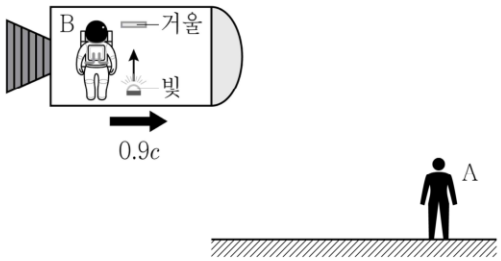
다시 나오면 이렇게 판단

먼저 입사 전후의 굴절률을 비교하여 법선 쪽 또는 법선 반대쪽 굴절을 정한다. 이어 $v = c/n$으로 속력을, _c=n_굴절 매질/n_입사 매질로 임계각을 비교하고, 경계면에서도 진동수는 일정하다는 원칙을 적용한다.

암기 포인트

굴절률이 클수록 빛의 속력은 작고, 매질에서 공기로 나갈 때 임계각도 작으며, 경계면을 지나도 진동수는 변하지 않는다.

문 19. 그림과 같이 정지해 있는 A에 대해 B가 탑승한 우주선이 $0.9c$의 속력으로 움직이고 있다. B가 탑승한 우주선 바닥에서 출발한 빛이 거울에 반사되어 되돌아올 때까지, A와 B가 측정한 빛의 이동 거리는 각각 L_A, L_B이고, 이동 시간은 각각 t_A, t_B이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, c는 빛의 속력이다)



ㄱ. $L_A > L_B$

ㄴ. $t_A > t_B$

ㄷ. $\frac{L_A}{t_A} > \frac{L_B}{t_B}$

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

출제 포인트

빛의 속도 불변과 시간 지연을 이용하여 두 관성계에서 측정한 빛의 이동 거리와 이동 시간을 비교하는 문제이다.

조건 정리

우주선에 탄 B의 관성계에서는 빛이 바닥과 거울 사이를 수직으로 왕복한다. 정지한 A의 관성계에서는 우주선이 $0.9c$로 이동하므로 빛의 경로가 비스듬해져 더 길어진다. 빛의 출발과 귀환은 B의 관성계에서 같은 장소에서 일어나므로 t_B가 고유 시간이다.

사용할 공식

빛의 속도 불변에 따라 각 관성계에서 $L_A = ct_A$, $L_B = ct_B$이다. 시간 지연은 $t_A = \gamma t_B$, $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$로 나타낸다. 두 사건이 B의 관성계에서 같은 장소에서 일어나므로 B가 측정한 시간이 고유 시간이고, A가 측정한 시간은 그보다 길다.

NoteBase

계산 과정

$v = 0.9c$를 대입하면 $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0.9^2}} = \frac{1}{\sqrt{0.19}} > 1$이다. 따라서 $t_A = \gamma t_B > t_B$이고, $L_A = ct_A = \gamma ct_B = \gamma L_B > L_B$이다. 한편 두 관성계 모두 빛의 속도를 c로 측정하므로 $\frac{L_A}{t_A} = \frac{L_B}{t_B} = c$이다. 그러므로 ㄱ과 ㄴ은 옳고 ㄷ은 옳지 않다.

선지 판단

① O — ㄱ의 $L_A > L_B$와 ㄴ의 $t_A > t_B$가 모두 성립하고, 옳은 것만 고른 조합이다.
② X — ㄷ의 '$L_A/t_A > L_B/t_B$'가 틀렸다. 올바르게는 $L_A/t_A = L_B/t_B = c$이므로 ㄱ과 ㄴ을 골라야 한다.
③ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ은 틀렸다. 올바르게는 $t_A > t_B$이고 $L_A/t_A = L_B/t_B$이므로 ㄴ만이 아니라 ㄱ도 함께 옳다.
④ X — ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ까지 옳다고 포함한 것이 틀렸다. 올바른 조합은 ㄱ과 ㄴ이다.

오답 포인트

A가 본 빛의 경로가 더 길다는 사실 때문에 빛의 평균 속도까지 더 크다고 판단하기 쉽다. 그러나 경로가 길어진 만큼 측정 시간도 같은 비율로 늘어나므로 두 관성계에서 빛의 이동 거리와 시간의 비는 모두 c이다.

다시 나오면 이렇게 판단

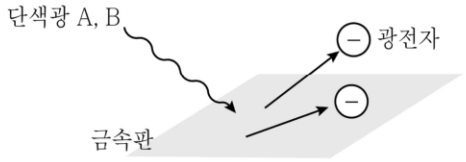
빛의 출발과 도착이 같은 장소에서 일어나는 관성계를 먼저 찾아 고유 시간을 정한다. 그다음 시간 지연으로 시간을 비교하고, 각 관성계에서 $L = ct$를 적용하여 거리와 거리·시간의 비를 판단한다.

암기 포인트

빛시계에서는 움직이는 관성계가 본 경로와 시간이 함께 늘어나지만 빛의 속도 $L/t = c$는 변하지 않는다.

NoteBase

문 20. 그림은 같은 금속판에 진동수가 다른 단색광 A와 B를 각각 비추었을 때 광전자가 방출되는 것을 나타낸 것이고, 표는 단색광 A와 B를 금속판에 각각 비추었을 때 1초 동안 방출되는 광전자의 수와 광전자의 물질파 파장을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면? (단, 단색광 A와 B의 빛의 세기를 각각 I_A, I_B라 하고, 진동수를 f_A, f_B라 한다)



단색광	1초 동안 방출되는 광전자의 수	광전자의 물질파 파장
A	N	4λ
B	2N	λ

ㄱ. $f_A > f_B$

ㄴ. $I_A < I_B$

ㄷ. 금속판의 문턱 진동수를 f_0라 하면 $f_0 < f_B$이다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

광전자의 물질파 파장으로 운동에너지를 비교하고, 광전 효과식과 빛의 세기 관계를 이용해 진동수·세기·문턱 진동수의 대소를 판단하는 문제이다.

조건 정리

단색광 A: 1초 동안 방출되는 광전자의 수는 N, 광전자의 물질파 파장은 4λ이다.
단색광 B: 1초 동안 방출되는 광전자의 수는 $2N$, 광전자의 물질파 파장은 λ이다.
같은 금속판이므로 일함수 W와 문턱 진동수 f_0는 두 경우에 같다.

NoteBase

사용할 공식

물질파 관계는 $\lambda_{\mathrm{dB}} = h/p$이고, 광전자의 운동에너지는 $K = p^2/(2m) = h^2/(2m\lambda_{\mathrm{dB}}^2)$이다. 따라서 운동에너지는 물질파 파장의 제곱에 반비례한다.
광전 효과식은 $K = hf - W = h(f - f_0)$이다.
같은 조건에서 빛의 세기는 단위 시간에 입사하는 광자 수와 광자 한 개의 에너지의 곱에 비례하므로 $I \propto nhf$이다.

계산 과정

1. 물질파 파장을 비교하면
$\frac{K_B}{K_A} = \left(\frac{4\lambda}{\lambda}\right)^2 = 16$
이므로 $K_B = 16K_A$이고 $K_B > K_A$이다.
2. 같은 금속판에서 $K = hf - W$이므로 운동에너지가 더 큰 B의 진동수가 더 크다. 따라서 $f_B > f_A$이다.
3. 방출 광전자 수의 비는 $n_B : n_A = 2 : 1$이므로
$\frac{I_B}{I_A} = \frac{2Nhf_B}{Nhf_A} = 2\frac{f_B}{f_A} > 2$
이다. 따라서 $I_B > I_A$이다.
4. B를 비추었을 때 운동에너지를 가진 광전자가 방출되므로 $f_B > f_0$, 즉 $f_0 < f_B$이다. 따라서 ㄴ과 ㄷ만 옳다.

선지 판단

① X — ㄱ의 $f_A > f_B$가 틀렸다. 물질파 파장이 짧은 B의 광전자 운동에너지가 더 크므로 올바르게는 $f_A < f_B$이며, 옳은 진술의 조합은 ㄴ, ㄷ이다.
② X — ㄷ은 옳지만 ㄱ의 진동수 관계가 반대이다. 올바르게는 $f_A < f_B$이고, 옳은 진술의 조합은 ㄴ, ㄷ이다.
③ O — 광전자 수와 광자 에너지를 함께 고려하면 $I_A < I_B$이고, B에서 광전자가 방출되므로 $f_0 < f_B$이다. 따라서 ㄴ, ㄷ이 모두 옳다.
④ X — ㄴ과 ㄷ은 옳지만 ㄱ이 틀렸다. 올바른 진동수 관계는 $f_A < f_B$이므로 옳은 진술의 조합은 ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

물질파 파장이 길수록 운동량과 운동에너지가 작다는 점을 반대로 판단하기 쉽다. 또한 방출 광전자 수가 2배라는 사실만 보고 빛의 세기도 정확히 2배라고 단정하면 안 된다. 빛의 세기는 광자 수뿐 아니라 광자 한 개의 에너지 hf에도 비례하므로 진동수까지 함께 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $K \propto 1/\lambda_{\mathrm{dB}}^2$로 광전자의 운동에너지를 비교하고, 같은 금속에서는 $K = hf - W$로 빛의 진동수 순서를 정한다. 이어서 $I \propto nhf$로 세기를 비교하고, 광전자가 방출되었다면 입사광의 진동수가 문턱 진동수보다 크다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

물질파가 짧을수록 p와 K가 크고, 같은 금속에서는 K가 클수록 입사광의 f가 크다. 빛의 세기는 광자 수와 hf의 곱에 비례한다.

NoteBase