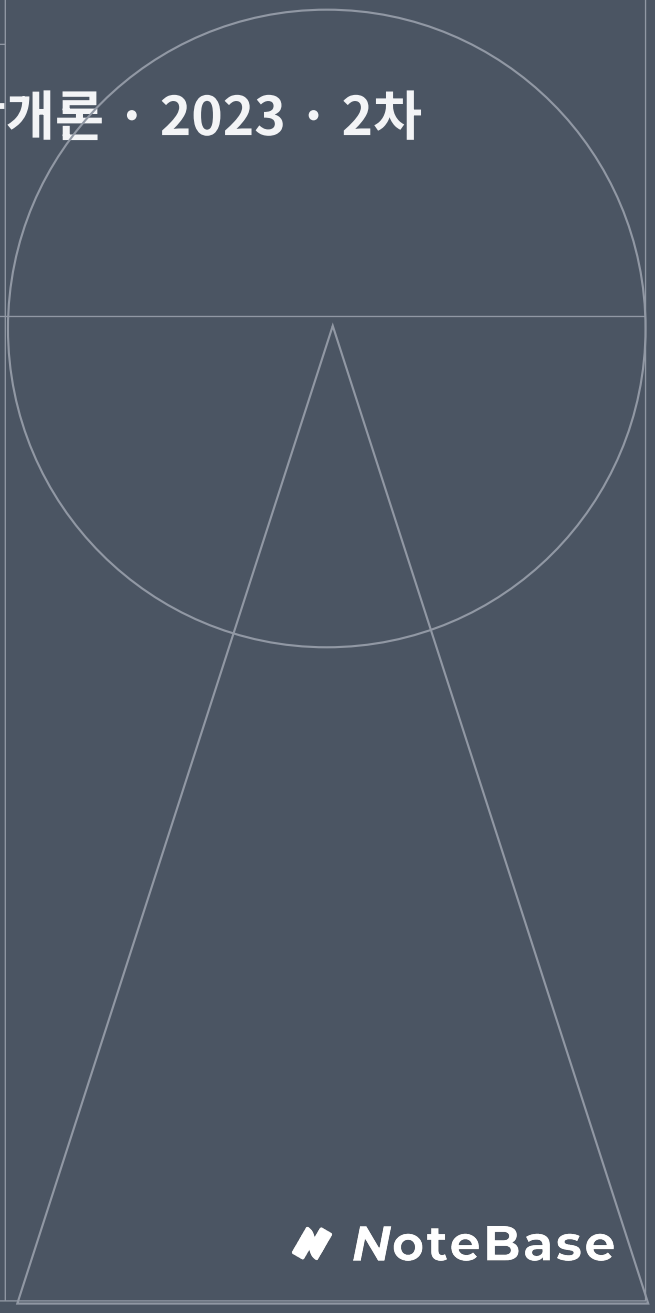
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2023 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2023 · 2차

공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2023 · 2차

문 1. 어느 FM 음악 방송국은 진동수 100 MHz의 전파를 이용한다. 공기 중에서 이 방송국이 송출하는 전파의 파장[m]은? (단, 공기 중에서 빛의 속력과 음속은 각각 3.0×10^8m/s, 340m/s이다)

① 3.4×10^{-6}

② 3

③ 3.4

④ 300

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전자기파의 파장 공식을 이용해 FM 전파의 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 진동수는 $100MHz = 1.0 \times 10^8 Hz$이다.
주어진 값: 공기 중 전파의 속력은 빛의 속력과 같으므로 $3.0 \times 10^8 m/s$이다.
주의할 조건: 음속 $340 m/s$는 소리에 대한 값이므로 전파 계산에는 쓰지 않는다.

사용할 공식

파장, 속력, 진동수의 관계는 $\lambda = \frac{v}{f}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 전파의 속력과 진동수가 주어졌고 파장 λ를 묻고 있으므로 파동의 기본 관계식을 바로 적용하면 된다.

계산 과정

1. 진동수를 헤르츠로 바꾸면 $100MHz = 100 \times 10^6 Hz = 1.0 \times 10^8 Hz$이다.
2. 전파는 전자기파이므로 속력은 음속이 아니라 $v = 3.0 \times 10^8 m/s$이다.
3. 따라서 $\lambda = \frac{3.0 \times 10^8}{1.0 \times 10^8} = 3m$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $3.4 \times 10^{-6} m$는 전파 속력 대신 음속 $340 m/s$를 넣어 $\lambda = \frac{340}{1.0 \times 10^{8}}$로 계산한 값이다. 틀린 부분은 전파를 소리처럼 취급한 점이다. 올바르게는 전파의 속력 $3.0 \times 10^{8} m/s$를 써서 $3m$가 된다.
② O: $\lambda = \frac{3.0 \times 10^{8}}{1.0 \times 10^{8}} = 3m$이므로 맞는 값이다.
③ X: $3.4m$는 음속 $340 m/s$를 쓰고 주파수의 MHz 변환까지 놓치면 나올 수 있는 값이다. 틀린 부분은 파동의 종류와 단위 변환을 함께 잘못 본 점이다. 올바르게는 $100MHz = 1.0 \times 10^{8} Hz$, 전파 속력은 $3.0 \times 10^{8} m/s$이므로 $3m$이다.
④ X: $300m$는 $100MHz$를 $10^{6} Hz$ 수준으로 잘못 바꾸어 100배 크게 계산할 때 나올 수 있는 값이다. 틀린 부분은 주파수 단위 환산이다. 올바르게는 $100MHz = 1.0 \times 10^{8} Hz$이므로 파장은 $3m$이다.

오답 포인트

문제에 음속이 함께 제시되어 있어 소리의 파장 공식처럼 계산하기 쉽다. 그러나 FM 전파는 전자기파이므로 속력은 빛의 속력을 써야 한다. 또한 MHz를 10^{6} 단위로 바꾸지 않으면 100배 오차가 난다.

다시 나오면 이렇게 판단

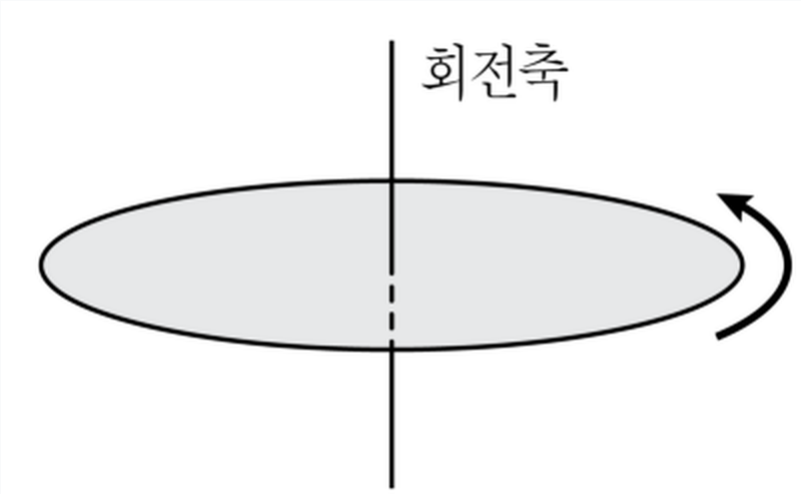
파동 문제는 먼저 파동의 종류를 확인해 속력을 고르고, 다음에 주파수 단위를 Hz로 통일한 뒤 $\lambda = \frac{v}{f}$를 적용하면 된다.

암기 포인트

전파는 전자기파이므로 속력은 빛의 속력, 소리는 음속을 쓴다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 균일한 원판이 각가속도 5rad/s^2으로 회전하고 있다. 이 원판이 $t=0$초에서 $t=4$초까지 4초간 40rad을 회전하였다면, $t=0$초에서 이 원판의 각속도[rad/s]는?



① 0

② 5

③ 10

④ 20

정답 1번

출제 포인트

등각가속도 회전에서 각변위 식 $\theta=\omega_0 t+\frac{1}{2}\alpha t^2$를 이용해 초기 각속도 ω_0를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $\alpha=5rad/s^2, t=4s, \theta=40rad$이다.
구해야 할 값은 $t=0$에서의 초기 각속도 ω_0이다.
주의할 조건은 $40rad$가 $4s$ 동안의 총 각변위라는 점이다.

사용할 공식

$\theta=\omega_0 t+\frac{1}{2}\alpha t^2$
이 식은 각가속도 α가 일정한 등각가속도 회전에서 각변위와 초기 각속도를 직접 연결하므로 이 문제에 그대로 적용된다.

NoteBase

계산 과정

1. 주어진 값을 식에 대입하면 $40 = 4\omega_0 + \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 4^2$이다.
2. 가속도에 의한 각변위는 $\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 16 = 40rad$이다.
3. 따라서 $40 = 4\omega_0 + 40$이므로 $4\omega_0 = 0$이고, $\omega_0 = 0rad/s$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 초기 각속도는 $0rad/s$이므로 맞는 선택지이다.

② X
- $5rad/s$는 초기 각속도가 아니라 주어진 각가속도 $5rad/s^2$를 잘못 옮긴 값이다.
- 틀린 표현은 '초기 각속도는 $5rad/s$이다'이고, 올바르게는 '초기 각속도는 $0rad/s$이다'이다.

③ X
- $40rad$를 $4s$로 나누면 평균 각속도 $10rad/s$는 구할 수 있지만, 그것이 초기 각속도는 아니다.
- 틀린 표현은 '초기 각속도는 $10rad/s$이다'이고, 올바르게는 '평균 각속도는 $10rad/s$이고 초기 각속도는 $0rad/s$이다'이다.

④ X
- $\omega = \omega_0 + \alpha t$를 쓰면 $t = 4s$에서의 각속도는 $20rad/s$이므로, $20rad/s$는 최종 각속도이지 초기 각속도가 아니다.
- 틀린 표현은 '초기 각속도는 $20rad/s$이다'이고, 올바르게는 '최종 각속도는 $20rad/s$이고 초기 각속도는 $0rad/s$이다'이다.

오답 포인트

총 각변위를 시간으로 나눈 평균 각속도와 초기 각속도를 혼동하기 쉽다. 또 $5rad/s^2$인 각가속도나 $20rad/s$인 최종 각속도를 그대로 초기 각속도로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

등가속도 회전 문제는 먼저 구하려는 값이 초기값인지 평균값인지 최종값인지 구분한 뒤, θ, ω_0, α, t를 연결하는 식을 선택해 대입한다.

암기 포인트

등각가속도 회전에서는 $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$로 초기 각속도를 바로 구할 수 있고, 평균 각속도와 초기 각속도는 다를 수 있다.

NoteBase

문 3. 빛이 어떤 투명한 물질 내부에서 진행할 때 그 속력과 파장이 각각 2.0×10^8m/s, 400nm이다. 이 물질의 굴절률과 그 빛이 공기 중에서 가지는 파장[nm]을 바르게 연결한 것은? (단, 공기의 굴절률은 1, 빛의 속력은 3.0×10^8m/s이다)

① 굴절률: 1.5, 파장[nm]: 600

② 굴절률: 1.5, 파장[nm]: 520

③ 굴절률: 1.2, 파장[nm]: 560

④ 굴절률: 1.2, 파장[nm]: 480

정답 1번

출제 포인트

굴절률 $n = \frac{c}{v}$와 빛의 진동수는 매질이 바뀌어도 일정하다는 성질을 이용해 공기 중 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 매질 내부에서의 속력 $2.0 \times 10^8 m/s$, 매질 내부 파장 $400nm$, 공기 중 빛의 속력 $3.0 \times 10^8 m/s$이다.
구해야 할 값은 이 물질의 굴절률과 공기 중에서의 파장이다.
주의할 조건은 매질이 달라져도 진동수는 변하지 않으므로 속력과 파장은 같은 비율로 변한다는 점이다.

사용할 공식

굴절률은 $n = \frac{c}{v}$이다.
파장은 진동수 f에 대해 $\lambda = \frac{v}{f}$이므로, 진동수가 일정하면 (_공기)/(_매질)=(c)/(v)=n이다.
이 문제는 같은 빛이 매질과 공기에서 전파될 때 속력만 달라지고 진동수는 그대로이므로 이 공식을 그대로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 굴절률은 $n = \frac{3.0 \times 10^8}{2.0 \times 10^8} = 1.5$이다.
2. 공기 중 파장은 _공기=n_매질=1.5× 400 nm=600 nm이다.
3. 따라서 올바른 연결은 굴절률 1.5, 파장 $600nm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
굴절률이 1.5이고 공기 중 파장이 $600nm$이므로 계산 결과와 정확히 일치한다.

② X
굴절률 1.5는 맞지만 "파장 520 nm"가 틀렸다. 올바르게는 공기 중 파장이 $600nm$이다.

③ X
"굴절률 1.2"가 틀렸다. 올바르게는 $n = 1.5$이다.
또한 "파장 560 nm"도 틀렸다. 올바르게는 공기 중 파장이 $600nm$이다.

④ X
"굴절률 1.2"가 틀렸다. 올바르게는 $n = 1.5$이다.
"파장 480 nm"도 틀렸다. 올바르게는 공기 중 파장이 $600nm$이다. $480nm$는 굴절률을 1.2로 잘못 두고 400×1.2처럼 계산할 때 나올 수 있는 오답이다.

오답 포인트

굴절률을 $\frac{v}{c}$로 거꾸로 두면 1보다 작은 값이 나와 1.2 같은 오답으로 흐르기 쉽다.
또한 매질이 바뀌어도 변하지 않는 양은 진동수라는 점을 놓치면 파장 비례관계를 잘못 써서 520 nm, 560 nm 같은 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

빛의 매질 문제는 먼저 굴절률을 $n = \frac{c}{v}$로 구한 뒤, 진동수 일정 조건을 이용해 파장도 같은 비율로 변한다고 판단하면 된다. 즉 공기 중 파장은 매질 내부 파장에 굴절률을 곱해 구한다.

암기 포인트

굴절률은 속력의 역비이고, 진동수는 일정하므로 파장은 속력과 같은 비율로 변한다.

NoteBase

문 4. 이상기체로 채워진 부피 $2.0m^3$인 실린더에 $8.0 \times 10^5 Pa$의 외부 압력을 가하여 부피가 축소되는 과정에서 $6.4 \times 10^5 J$의 에너지가 실린더로부터 방출되었다. 만약 실린더 내부의 온도가 변화하지 않았다면 실린더의 최종 부피$[m^3]$는?

① 0.6

② 0.8

③ 1.0

④ 1.2

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 등온 과정의 이상기체에서 내부에너지 변화가 0이라는 점을 이용해 압축 일과 열방출량을 연결하고 최종 부피를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기 부피 $V_i = 2.0m^3$, 외부 압력 $P_{\text{ext}} = 8.0 \times 10^5 Pa$, 방출된 에너지 $Q = -6.4 \times 10^5 J$이다.
구해야 할 값: 최종 부피 V_f이다.
주의할 조건: 이상기체의 온도가 변하지 않으므로 $\Delta U = 0$이다.

사용할 공식

$\Delta U = Q + W_{\text{on}}$
$W_{\text{on}} = P_{\text{ext}}(V_i - V_f)$
이 공식을 쓰는 이유: 온도가 일정한 이상기체는 내부에너지가 온도에만 비례하므로 $\Delta U = 0$이고, 압축 과정에서 외부가 기체에 한 일은 일정한 외부 압력과 부피 감소량의 곱으로 계산된다.

계산 과정

1. 등온 과정이므로 $\Delta U = 0$이다.
2. 따라서 $0 = Q + W_{\text{on}} = -6.4 \times 10^5 + W_{\text{on}}$이므로 $W_{\text{on}} = 6.4 \times 10^5 J$이다.
3. $W_{\text{on}} = P_{\text{ext}}(V_i - V_f)$에 대입하면
$6.4 \times 10^5 = (8.0 \times 10^5)(2.0 - V_f)$
$2.0 - V_f = 0.8$
$V_f = 1.2m^3$
이므로 최종 부피는 $1.2m^3$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 최종 부피를 $0.6m^3$로 두면 부피 감소량이 $1.4m^3$가 되어 압축 일은 $1.12 \times 10^6 J$이다. 방출된 에너지 $6.4 \times 10^5 J$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 "최종 부피가 $0.6m^3$"이고, 올바르게는 "최종 부피는 $1.2m^3$"이다.
2번 X: $0.8m^3$는 $2.0 - 1.2$로 계산되는 부피 감소량이다. 최종 부피와 감소한 부피를 혼동한 값이다. 틀린 표현은 "최종 부피가 $0.8m^3$"이고, 올바르게는 "감소한 부피는 $0.8m^3$, 최종 부피는 $1.2m^3$"이다.
3번 X: 최종 부피를 $1.0m^3$로 두면 부피 감소량이 $1.0m^3$이어서 압축 일은 $8.0 \times 10^5 J$가 된다. 주어진 열방출량과 일치하지 않는다. 틀린 표현은 "최종 부피가 $1.0m^3$"이고, 올바르게는 "열방출량에 맞는 최종 부피는 $1.2m^3$"이다.
4번 O: $W_{\text{on}} = 6.4 \times 10^5 J$, $P_{\text{ext}} = 8.0 \times 10^5 Pa$이므로 부피 감소량은 $0.8m^3$이다. 따라서 $V_f = 2.0 - 0.8 = 1.2m^3$이므로 옳다.

오답 포인트

"실린더로부터 에너지가 방출"되었다는 문장을 보고 열의 부호를 반대로 잡거나, 계산으로 얻은 $0.8m^3$를 최종 부피가 아니라 부피 감소량이라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

등온 이상기체 계산형은 먼저 $\Delta U = 0$인지 확인하고, 그다음 열의 부호와 일의 방향을 정한 뒤, 마지막에 $P\Delta V$로 부피 변화량과 최종 부피를 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

이상기체의 등온 과정에서는 $\Delta U = 0$이므로 빠져나간 열의 크기와 외부가 가한 일의 크기가 서로 같다.

NoteBase

문 5. 균일한 자기장 B가 작용하는 공간에 전하량과 속력이 각각 e, v인 전자가 자기장에 수직인 방향으로 입사하여 반지름이 r인 원운동을 하고 있다. 이때 이 전자의 운동량은?

① $\frac{eB}{r}$
② $\frac{eB}{r^2}$
③ erB
④ er^2B

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 자기장 속 원운동에서 로런츠 힘이 구심력 역할을 한다는 관계를 이용해 전자의 운동량을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 전하량의 크기 e, 속력 v, 자기장 B, 궤도 반지름 r이다.
- 구해야 할 값: 전자의 운동량 $p = mv$이다.
- 주의할 조건: 전자는 음전하이지만 여기서 필요한 것은 운동량의 크기이므로 전하량의 크기 e를 사용한다. 또한 속도가 자기장에 수직이므로 원운동 조건을 바로 적용할 수 있다.

사용할 공식

$evB = \frac{mv^2}{r}$
$p = mv$
이 공식을 쓰는 이유는 속도가 자기장에 수직이어서 자기력이 모두 구심력으로 작용하기 때문이다.

계산 과정

1. 자기력과 구심력을 같게 두면 $evB = \frac{mv^2}{r}$이다.
2. 양변을 v로 나누면 $eB = \frac{mv}{r}$이다.
3. 따라서 $mv = eBr$이므로 운동량 p는 $p = eBr$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{eB}{r}$는 계산 결과 eBr와 다르다. 틀린 표현은 반지름이 분모에 있다는 점이다. 올바르게는 운동량은 반지름에 비례하여 eBr이 된다.
② X: $\frac{eB}{r^2}$는 계산 결과와 차원이 맞지 않는다. 틀린 표현은 반지름이 제곱으로 분모에 들어간 점이다. 올바르게는 r은 분자에 한 번만 들어가서 eBr이 된다.
③ O: $p = mv = eBr$이므로 ③은 옳다.
④ X: er^2B는 반지름이 한 번 더 곱해진 값이다. 틀린 표현은 r^2이다. 올바르게는 운동량은 erB이다.

오답 포인트

구심력 식 $\frac{mv^2}{r}$에서 v를 하나 약분한 뒤 mv를 운동량으로 묶어야 하는데, 이 과정에서 r를 분모에 남기거나 r^2로 잘못 옮기면 ①, ②, ④ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

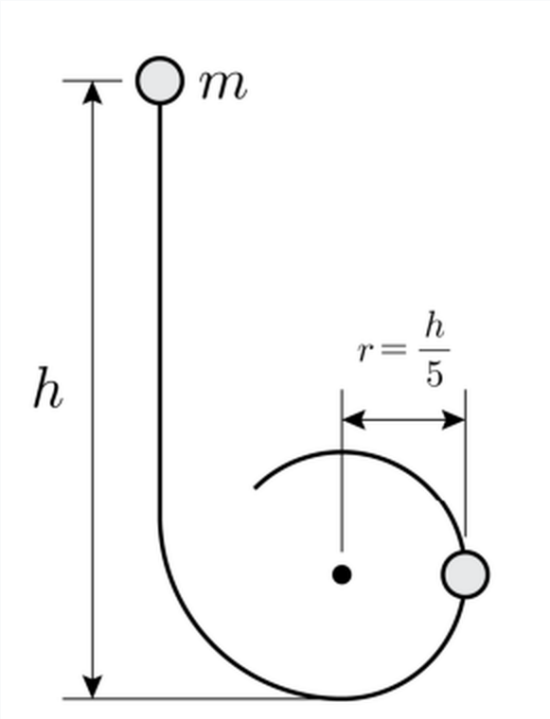
자기장 속 입자가 속도와 자기장이 수직인 채 원운동하면 먼저 $qvB = \frac{mv^2}{r}$를 세우고, 곧바로 mv를 남기도록 한 번 약분해 운동량 형태로 정리하면 된다.

암기 포인트

자기장 원운동의 운동량은 $p = qBr$ 꼴이다.

NoteBase

문 6. 그림은 질량이 m인 정지 상태의 구슬이 가는 철사에 꿰어져 높이 h에서 하강하여 반지름이 $r=\frac{h}{5}$인 원형 모양의 고리를 따라 운동하는 모습을 나타낸다. 이 원형 모양의 고리에서 가장 우측 지점에 구슬이 도달했을 때, 구슬에 작용하는 구심력의 크기는 구슬 무게의 몇 배인가? (단, 공기저항과 철사와 구슬 사이의 마찰은 무시한다)



① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 역학적 에너지 보존으로 가장 우측점의 속력을 구한 뒤, 그 점에서의 구심력 조건으로 수직항력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 구슬의 질량은 m, 출발 높이는 h, 원형 고리의 반지름은 $r=\frac{h}{5}$이다.
구해야 할 값: 가장 우측점에서의 구심력, 즉 반지름 방향 알짜힘의 크기이다.
주의할 조건: 가장 우측점의 높이는 바닥에서 r이고, 그 점에서 반지름 방향은 수평이며 중력은 수직 아래이므로 중력의 반지름 방향 성분은 0이다.

NoteBase

사용할 공식

역학적 에너지 보존은 $mgh_i = mgh_f + \frac{1}{2}mv^2$이다.
원운동의 구심력 조건은 $\sum F_r = \frac{mv^2}{r}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 출발점에서 정지했다가 마찰 없이 내려오므로 속력은 에너지 보존으로 구하고, 가장 우측점에서 필요한 힘의 크기는 반지름 방향 운동 방정식으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

출발점의 높이는 h, 가장 우측점의 높이는 $r = \frac{h}{5}$이므로 낙하한 높이는 $h - r = \frac{4h}{5}$이다.
따라서
$mg(h - r) = \frac{1}{2}mv^2$
$mg\left(\frac{4h}{5}\right) = \frac{1}{2}mv^2$
$v^2 = \frac{8gh}{5}$
또한 $r = \frac{h}{5}$이므로
$\frac{mv^2}{r} = m \cdot \frac{\frac{8gh}{5}}{\frac{h}{5}} = 8mg$
가장 우측점에서는 중력의 반지름 방향 성분이 없으므로 수직항력 N 자체가 구심력이다. 따라서
$N = \frac{mv^2}{r} = 8mg$
즉 구심력의 크기는 구슬 무게 mg의 8배이다.

선지별 해설

① X: 4는 틀리다. 이는 $mg(h - r) = \frac{1}{2}mv^2$에서 $\frac{1}{2}$를 빠뜨려 $v^2 = \frac{4gh}{5}$로 잘못 계산할 때 나오는 값이다.
올바르게는 $v^2 = \frac{8gh}{5}$이므로 $N = 8mg$이다.
② X: 6은 틀리다. 이는 가장 우측점을 꼭대기점처럼 오해하여 높이 차를 $h - 2r = \frac{3h}{5}$로 잡을 때 나오는 값이다.
가장 우측점의 높이는 $2r$가 아니라 r이므로 올바른 높이 차는 $h - r = \frac{4h}{5}$이다.
③ O: 맞다. 에너지 보존으로 $v^2 = \frac{8gh}{5}$를 구하고, 가장 우측점에서는 중력이 반지름 방향에 기여하지 않으므로 $N = \frac{mv^2}{r} = 8mg$가 된다.
④ X: 10은 틀리다. 이는 구슬이 바닥까지 h만큼 전부 내려왔다고 보고 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$로 계산할 때 나오는 값이다. 그러나 가장 우측점은 바닥보다 r만큼 높으므로 실제 낙하 높이는 $h - r$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 가장 우측점의 높이를 정확히 읽지 못하는 데 있다. 우측점은 꼭대기점이 아니므로 높이 차를 $h - 2r$로 두면 안 되고, 반지름 방향이 수평이므로 중력을 구심력 식에 억지로 더하거나 빼면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

원운동 계산형 문항은 먼저 해당 지점의 높이를 읽어 에너지로 속력을 구하고, 다음으로 그 지점의 반지름 방향을 정해 어떤 힘이 구심력에 실제로 기여하는지 분해해서 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

수직고리의 옆점에서는 중력의 반지름 방향 성분이 0이므로 그 점의 구심력은 수직항력이 전부 담당한다.

NoteBase

문 7. 폭이 L인 1차원 무한 퍼텐셜 우물 안에 갇힌 전자가 있다. 이 전자가 첫 번째 들뜬상태, 즉 $n=2$인 상태에 있을 때 $0 \le x \le \frac{L}{4}$인 범위에서 발견될 확률[%]은?

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 1차원 무한 퍼텐셜 우물의 $n=2$ 상태에서 구간 확률을 적분으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 상태는 첫 번째 들뜬상태이므로 $n=2$이다.
우물의 영역은 $0 \le x \le L$이다.
구해야 할 값은 $0 \le x \le L/4$에서 전자를 발견할 확률이다.

사용할 공식

파동함수는 $\psi_n(x)=\sqrt{2/L}\sin(n\pi x/L)$이다.
따라서 $n=2$에서는 $\psi_2(x)=\sqrt{2/L}\sin(2\pi x/L)$이다.
발견 확률은 확률밀도 $|\psi(x)|^2$를 해당 구간에서 적분하여
$P=\int_0^{L/4}|\psi_2(x)|^2dx=\int_0^{L/4}\frac{2}{L}\sin^2\left(\frac{2\pi x}{L}\right)dx$
로 구한다.

계산 과정

1. 확률밀도는 $|\psi_2(x)|^2=\frac{2}{L}\sin^2\left(\frac{2\pi x}{L}\right)$이다.
2. $\sin^2\theta=\frac{1-\cos 2\theta}{2}$를 쓰면
$P=\frac{2}{L}\int_0^{L/4}\frac{1-\cos\left(\frac{4\pi x}{L}\right)}{2}dx$
이다.
3. 적분하면
$P=\frac{2}{L}\left[\frac{x}{2}-\frac{L}{8\pi}\sin\left(\frac{4\pi x}{L}\right)\right]_0^{L/4}=\frac{2}{L}\cdot\frac{L}{8}=\frac{1}{4}$
이다.
4. 따라서 발견 확률은 $\frac{1}{4}=25\%$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
10%는 계산값 25%와 다르다. 구간 길이만 보고 단순 비례로 판단한 오답에 가깝다. 틀린 표현은 "발견 확률이 10%이다"이고, 올바르게는 "발견 확률은 25%이다"이다.

② X
15%는 계산값 25%와 다르다. 정현파의 모양을 대충 평균 내거나 적분 상수를 잘못 처리하면 이런 오답이 나온다. 틀린 표현은 "발견 확률이 15%이다"이고, 올바르게는 "발견 확률은 25%이다"이다.

③ X
20%는 계산값 25%와 다르다. $\sin^2$ 적분에서 경계값 처리를 누락하거나 퍼센트 환산을 잘못하면 생길 수 있는 값이다. 틀린 표현은 "발견 확률이 20%이다"이고, 올바르게는 "발견 확률은 25%이다"이다.

④ O
적분 결과가 $P = 1/4 = 25\%$이므로 옳다. 이 구간의 확률은 길이 비율이 아니라 $|\psi_2(x)|^2$ 적분으로 정해진다.

오답 포인트

우물 폭의 1/4 구간이라는 말만 보고 확률을 단순 길이 비율로 처리하면 흔들리기 쉽다. 이 문항의 핵심 함정은 위치확률이 균일분포가 아니라 파동함수의 제곱을 적분한 값이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

무한 퍼텐셜 우물의 확률 문제는 먼저 상태수 n에 맞는 $\psi_n(x)$를 쓴 다음, 원하는 구간에서 $|\psi_n(x)|^2$를 적분하여 확률을 구하면 된다. 마지막에는 분수 결과를 퍼센트로 바꾸어 선지와 비교하면 된다.

암기 포인트

무한 퍼텐셜 우물의 구간 확률은 길이 비례가 아니라 $\int |\psi|^2 dx$이다.

NoteBase

문 8. 전기용량이 2 μF인 평행판 축전기가 있다. 이 축전기의 두 평행판 사이에 위치한 유전체의 유전율을 2배 증가시키고, 두 평행판 사이의 간격을 반으로 줄였을 때의 전기용량[μF]은? (단, 축전기의 두 평행판 사이는 명시된 유전체로 균일하게 채워져 있다)

① 0.5

② 4

③ 6

④ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 평행판 축전기의 전기용량이 유전율에 비례하고 판 사이 거리에는 반비례한다는 관계를 이용해 새로운 전기용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 전기용량은 $2\mu F$이다.
구해야 할 값: 유전율을 2배로 하고 판 사이 거리를 절반으로 했을 때의 전기용량이다.
주의할 조건: 두 평행판 사이는 면적된 유전체로 균일하게 채워져 있으므로 평행판 축전기 공식 $C = \varepsilon A/d$를 그대로 적용할 수 있다.

사용할 공식

사용할 공식은 $C = \varepsilon A/d$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 평행판 축전기의 전기용량은 유전율 ε에 비례하고 판 사이 거리 d에 반비례하므로, 유전율과 거리의 변화가 전기용량에 어떻게 반영되는지 바로 계산할 수 있다.

계산 과정

처음 전기용량을 $C_0 = 2\mu F$라고 둔다.
유전율을 2배로 하면 전기용량도 2배가 되어 $2C_0$가 된다.
판 사이 거리를 절반으로 하면 d가 $d/2$가 되므로 전기용량은 다시 2배가 된다.
따라서 새 전기용량은
$C' = 2 \times 2 \times C_0 = 4C_0 = 4 \times 2\mu F = 8\mu F$
이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 0.5는 계산 결과인 $8\mu F$와 다르다. 거리를 절반으로 줄이면 전기용량은 감소가 아니라 증가하므로, 0.5는 거리 변화의 방향을 반대로 이해한 값이다. 전기용량은 0.5가 아니라 $8\mu F$이다.
2번 X: 4는 계산 결과인 $8\mu F$와 다르다. 이는 유전율만 2배로 반영하고 거리 절반 효과를 빠뜨리면 나오는 값이다. 전기용량은 4가 아니라 $8\mu F$이다.
3번 X: 6은 계산 결과인 $8\mu F$와 다르다. 유전율 증가와 거리 감소 효과를 각각 곱하지 않고 임의로 더해서 처리하면 이런 오답이 나온다. 전기용량은 6이 아니라 $8\mu F$이다.
4번 O: 유전율 2배로 2배, 거리 절반으로 다시 2배가 되어 전체적으로 4배가 된다. 처음 값이 $2\mu F$이므로 최종 전기용량은 $8\mu F$이다.

오답 포인트

거리 d가 분모에 있다는 점을 놓치면 판 사이 거리를 줄였을 때 전기용량이 커진다는 사실을 반대로 판단하기 쉽다. 또 유전율 2배와 거리 절반 효과를 각각 독립적으로 2배씩 반영하지 않고 하나만 적용하면 4를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평행판 축전기 문제는 먼저 $C \propto \varepsilon/d$ 관계를 적고, 각 조건 변화가 몇 배 효과를 내는지 따로 계산한 뒤 마지막에 모두 곱해서 판단한다.

암기 포인트

평행판 축전기는 $C = \varepsilon A/d$이므로 유전율이 커질수록 커지고, 판 사이 거리가 좁아질수록 커진다.

NoteBase

문 9. 구면 거울에서 $3.0m$ 떨어진 곳에 어떤 물체가 있다. 형성된 상은 정립이고 크기는 물체의 $\frac{1}{3}$이다. 이 거울에 대한 특성을 바르게 연결한 것은?

① 상: 허상, 구면: 볼록, 초점 거리: $-1.5m$

② 상: 허상, 구면: 오목, 초점 거리: $-1.5m$

③ 상: 실상, 구면: 볼록, 초점 거리: $+0.75m$

④ 상: 실상, 구면: 오목, 초점 거리: $+0.75m$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 거울 배율식과 거울 공식을 이용해 상의 종류, 거울의 종류, 초점거리를 함께 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물체거리 $p = 3.0m$, 배율 $m = \frac{1}{3}$
구해야 할 값: 상의 종류, 거울의 종류, 초점거리 f
주의할 조건: 상이 정립이면 배율은 양수이고, 거울에서 정립이면서 축소된 상은 허상이다.

사용할 공식

배율식은 $m = -\frac{q}{p}$이고, 거울 공식은 $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 상의 크기비가 주어져 있어 먼저 상거리 q를 구할 수 있고, 그다음 거울 공식으로 초점거리 f를 결정할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 정립이고 크기가 물체의 $\frac{1}{3}$이므로 배율은 $m = +\frac{1}{3}$이다.
2. $m = -\frac{q}{p}$에 $p = 3.0m$를 대입하면 $\frac{1}{3} = -\frac{q}{3.0}$이므로 $q = -1.0m$이다. 상거리가 음수이므로 상은 허상이다.
3. 거울 공식에 대입하면 $\frac{1}{f} = \frac{1}{3.0} + \frac{1}{-1.0} = \frac{1}{3} - 1 = -\frac{2}{3}$이므로 $f = -1.5m$이다. 초점거리가 음수이므로 거울은 볼록거울이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 상거리가 $q = -1.0m$이므로 허상이고, 초점거리가 $f = -1.5m$이므로 볼록거울이다. 제시된 세 조건이 모두 맞다.
2번: X. 허상이라는 점은 맞지만 오목거울이 틀렸다. 정립이면서 축소된 상을 만드는 것은 오목거울이 아니라 볼록거울이다. 틀린 표현은 '오목'이고, 올바르게는 '볼록'이다.
3번: X. 초점거리 $+0.75m$와 볼록거울이라는 조합이 모두 틀렸다. 계산 결과는 $f = -1.5m$이므로 실상이 될 수 없고 볼록거울이어야 한다. 틀린 표현은 '실상, +0.75\,m'이고, 올바르게는 '허상, -1.5\,m'이다.
4번: X. 오목거울은 초점거리 부호가 양수여야 하므로 $+0.75m$ 자체는 오목거울 쪽 부호와만 맞지만, 정립 축소상은 오목거울에서 생기지 않는다. 틀린 표현은 '실상, 오목, +0.75\,m'이고, 올바르게는 '허상, 볼록, -1.5\,m'이다.

오답 포인트

정립이라는 말만 보고 허상까지만 맞추고, 배율식의 부호를 빼먹어 초점거리 부호를 반대로 내는 경우가 많다. 또 오목거울도 허상을 만들 수 있다는 사실 때문에 '정립'만 보고 오목거울을 고르면 축소 여부를 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

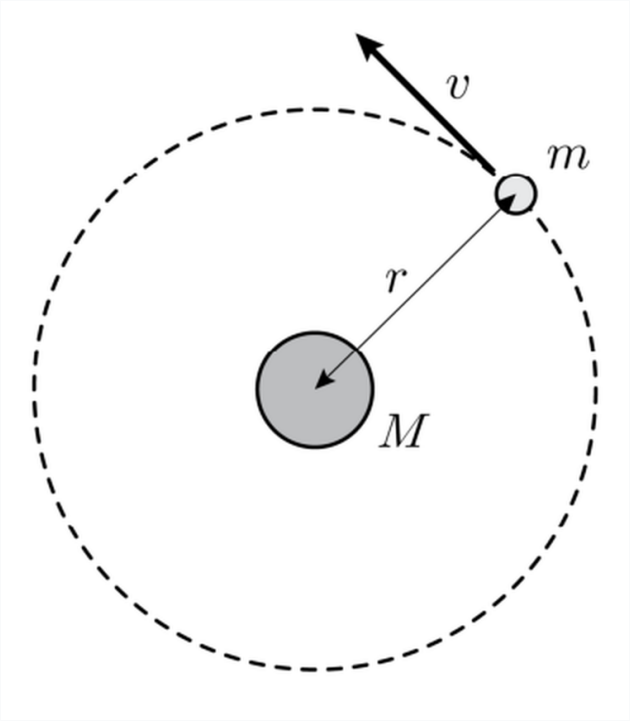
거울 문제는 먼저 정립/도립으로 배율 부호를 정하고, 크기비로 q를 구한 뒤, q의 부호로 허상·실상을 판단하고 마지막에 f의 부호로 오목·볼록을 확정하면 된다.

암기 포인트

볼록거울은 항상 허상을 만들고 초점거리는 음수이며, 정립 축소상은 볼록거울의 대표 성질이다.

NoteBase

문 10. 질량이 m인 인공위성이 질량이 M인 지구 중심에서 거리 r만큼 떨어진 원 궤도를 일정한 속력 v, 공전주기 T로 돌고 있다. 만약 동일한 인공위성이 지구 중심과의 거리가 $\frac{r}{2}$인 원 궤도에서 공전한다면, 이 궤도에서 인공위성의 속력과 공전주기를 바르게 연결한 것은?



① 속력: $2v$, 공전주기: $\frac{1}{4}T$

② 속력: $2v$, 공전주기: $\frac{1}{2}T$

③ 속력: $\sqrt{2}v$, 공전주기: $\frac{1}{\sqrt{2}}T$

④ 속력: $\sqrt{2}v$, 공전주기: $\frac{1}{2\sqrt{2}}T$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원궤도 인공위성의 속력 관계 $v = \sqrt{GM/r}$와 공전주기 관계 $T = 2\pi r/v$, 즉 $T \propto r^{3/2}$를 이용해 반지름이 절반일 때의 속력과 주기를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 처음 궤도 반지름은 r, 속력은 v, 공전주기는 T이다.
- 새 궤도 반지름은 $r/2$이다.

구해야 할 값:
- 새 궤도에서의 속력과 공전주기이다.

주의할 조건:
- 원궤도에서는 만유인력이 구심력 역할을 한다.
- 속력은 $1/r$에 비례하는 것이 아니라 $1/\sqrt{r}$에 비례한다.
- 공전주기는 r만이 아니라 속력 변화까지 함께 반영해야 한다.

사용할 공식

원궤도 운동에서는
$\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$
이므로
$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$
이다.
또한 공전주기는
$T = \frac{2\pi r}{v}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 인공위성이 지구 둘레를 원운동하고 있으므로 만유인력이 곧 구심력이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 새 궤도 반지름을 $r' = r/2$로 둔다.
2. 새 속력은
$v' = \sqrt{\frac{GM}{r'}} = \sqrt{\frac{GM}{r/2}} = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{2}\,v$
이다.
3. 새 공전주기는
$T' = \frac{2\pi r'}{v'} = \frac{2\pi(r/2)}{\sqrt{2}\,v} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{2\pi r}{v} = \frac{T}{2\sqrt{2}}$
이다.

따라서 새 궤도의 속력은 $\sqrt{2}v$, 공전주기는 $\frac{1}{2\sqrt{2}}T$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 속력을 $2v$로 본 점이 틀렸다. 원궤도 속력은 $v \propto 1/\sqrt{r}$이므로 반지름을 절반으로 줄이면 속력은 $\sqrt{2}v$가 된다. 공전주기 $\frac{1}{4}T$도 틀렸다. 올바르게는 $\frac{1}{2\sqrt{2}}T$이다.
② X: 속력을 $2v$로 둔 것이 먼저 틀렸고, 공전주기를 $\frac{1}{2}T$로 본 것도 틀렸다. 공전주기는 반지름만 절반이 되는 것이 아니라 속력이 $\sqrt{2}$배로 커지는 효과까지 함께 들어가므로 올바르게는 속력 $\sqrt{2}v$, 주기 $\frac{1}{2\sqrt{2}}T$이다.
③ X: 속력 $\sqrt{2}v$는 맞다. 그러나 공전주기 $\frac{1}{\sqrt{2}}T$는 틀렸다. 이는 속력 변화만 반영하고 궤도 반지름이 $r/2$로 줄어든 점을 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $\frac{1}{2\sqrt{2}}T$이다.
④ O: 속력은 $\sqrt{2}v$, 공전주기는 $\frac{1}{2\sqrt{2}}T$이므로 옳다.

오답 포인트

속력을 $1/r$에 비례한다고 잘못 외우면 $2v$ 같은 오답이 나온다. 또 공전주기에서 $T = 2\pi r/v$의 분자 r 변화와 분모 v 변화를 함께 보지 않으면 $\frac{1}{\sqrt{2}}T$나 $\frac{1}{2}T$ 같은 값으로 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

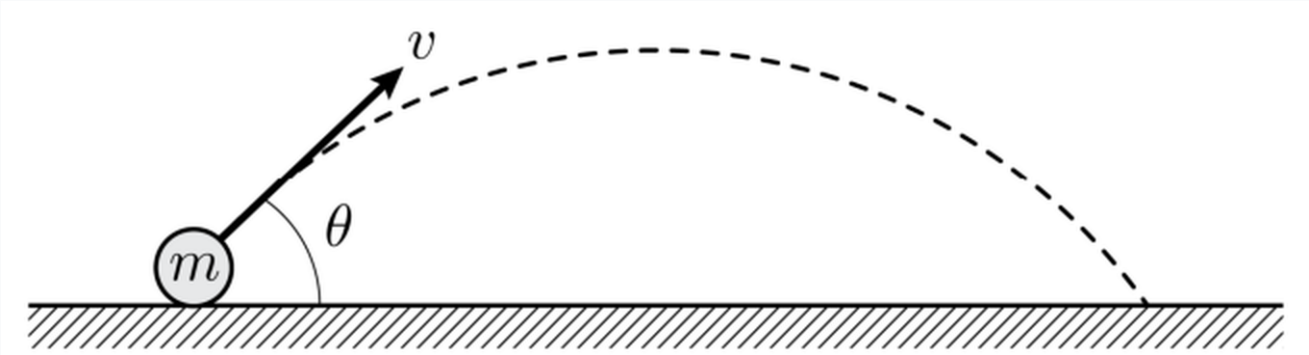
원궤도 인공위성 문제는 먼저 $GMm/r^2 = mv^2/r$에서 $v \propto 1/\sqrt{r}$를 잡고, 그다음 $T = 2\pi r/v$ 또는 $T \propto r^{3/2}$로 주기를 연결하면 된다. 속력과 주기를 따로 보지 않고 반지름 변화가 두 식에 어떻게 들어가는지를 순서대로 확인하면 된다.

암기 포인트

원궤도 인공위성은 $v \propto r^{-1/2}$, $T \propto r^{3/2}$ 관계를 따른다.

NoteBase

문 11. 질량이 m인 물체가 평지에서 수평각 θ, 초기속력 v로 발사되었다. 이 물체가 운동하는 궤적의 최고점에서 물체의 역학적 에너지는? (단, 공기저항, 물체의 크기는 무시하며, 발사 지점에서의 퍼텐셜에너지는 0이다)



① $\frac{1}{2}mv^2$

② $\frac{1}{2}m(v\cos\theta)^2$

③ $\frac{1}{2}m(v\sin\theta)^2$

④ $\frac{1}{2g}(v\sin\theta)^2$

정답 1번

출제 포인트

포물선 운동의 최고점에서 수직속도는 0이 되지만 역학적 에너지는 보존된다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 질량 m, 초기속력 v, 발사각 θ이다.
발사 지점의 퍼텐셜 에너지는 0이다.
공기저항이 없으므로 운동 중 역학적 에너지는 일정하다.
최고점에서는 수직속도만 0이 되고 수평속도는 $v\cos\theta$로 남는다.

사용할 공식

역학적 에너지는 $E = K + U$이다.
운동에너지는 $K = \frac{1}{2}mv^2$, 퍼텐셜 에너지는 $U = mgh$이다.
공기저항이 없으므로 발사 순간의 역학적 에너지와 최고점의 역학적 에너지가 같다고 본다.

NoteBase

계산 과정

발사 순간에는 퍼텐셜 에너지가 0이므로 전체 역학적 에너지는 $E = \frac{1}{2}mv^2$이다.
최고점에서는 속력이 $v\cos\theta$이므로 운동에너지는 $\frac{1}{2}m(v\cos\theta)^2$이다.
최고점 높이는 $h = \frac{(v\sin\theta)^2}{2g}$이므로 퍼텐셜 에너지는 $mgh = \frac{1}{2}m(v\sin\theta)^2$이다.
따라서 최고점의 역학적 에너지는 $\frac{1}{2}m(v\cos\theta)^2 + \frac{1}{2}m(v\sin\theta)^2 = \frac{1}{2}mv^2$이다.

선지 판단

1번: O. 최고점에서도 역학적 에너지는 보존되므로 값은 발사 순간과 같은 $\frac{1}{2}mv^2$이다.
2번: X. $\frac{1}{2}m(v\cos\theta)^2$는 최고점에서의 운동에너지일 뿐 역학적 에너지 전체가 아니다. 올바르게는 최고점 운동에너지라고 해야 한다.
3번: X. $\frac{1}{2}m(v\sin\theta)^2$는 최고점에서의 퍼텐셜 에너지와 같은 값이지 역학적 에너지 전체가 아니다. 올바르게는 최고점 퍼텐셜 에너지라고 해야 한다.
4번: X. $\frac{1}{2g}(v\sin\theta)^2$는 최고점 높이 h를 뜻하는 식이므로 에너지의 차원이 아니다. 올바르게는 최고점 높이라고 해야 한다.

오답 포인트

최고점에서 수직속도가 0이 된다는 사실만 보고 역학적 에너지를 운동에너지나 퍼텐셜 에너지 한쪽으로만 착각하면 틀리기 쉽다. 4번처럼 높이 식을 에너지 식으로 오인하는 차원 혼동도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

포물선 운동에서 최고점을 물으면 먼저 $v_y = 0$, v_x는 일정하다는 점을 확인한다. 그다음 질문이 운동에너지인지 퍼텐셜 에너지인지 역학적 에너지인지 구분해서 전체 보존량과 성분 에너지를 나누어 판단한다.

암기 포인트

최고점에서는 $v_y = 0$이지만 역학적 에너지는 $\frac{1}{2}mv^2$로 그대로 보존된다.

NoteBase

문 12. 초창기 원자 모형에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 톰슨의 원자 모형에 따르면 양전하 외부에 전자들이 고르게 분포한다.
ㄴ. 러더퍼드의 원자 모형에 따르면 양전하의 집합인 핵 주위를 전자가 공전한다.
ㄷ. 보어의 수소 원자 모형에 따르면 전자 궤도의 각운동량은 양자화된다.
ㄹ. 보어의 수소 원자 모형에 따르면 전자는 확률밀도함수 형태로 존재한다.

① ㄱ, ㄹ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 톰슨, 러더퍼드, 보어, 양자역학적 원자 모형의 핵심 차이를 구별하는지 묻는 문제이다.

핵심 개념

톰슨 모형: 양전하가 퍼져 있는 구 내부에 전자가 박혀 있는 모형이다. 키워드는 양전하 구 내부이다.
러더퍼드 모형: 원자 중심의 작은 핵 주위를 전자가 도는 행성 모형이다. 키워드는 핵 주위 공전이다.
보어 모형: 전자는 허용된 궤도에만 존재하고 각운동량이 양자화된다고 본다. 키워드는 고정 궤도와 각운동량 양자화이다.
양자역학적 모형: 전자를 궤도로 보지 않고 파동함수와 확률밀도로 기술한다. 키워드는 오비탈과 확률밀도이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/국가직/7급 · 물리학개론 · 2023 · 2차

선지별 해설

1번 X
- 1번은 ㄱ, ㄹ 조합이다.
- ㄱ은 틀리다. 톰슨 모형에서 전자는 양전하 외부에 고르게 분포하는 것이 아니라 양전하가 퍼진 구 내부에 박혀 있는 것으로 본다. 틀린 표현은 "양전하 외부"이며, 올바르게는 "양전하가 퍼진 구 내부"이다.
- ㄹ은 틀리다. 전자를 확률밀도함수 형태로 다루는 것은 보어 모형이 아니라 양자역학적 원자 모형이다. 틀린 표현은 "보어의 수소 원자 모형"이며, 올바르게는 "양자역학적 수소 원자 모형"이다.

2번 O
- 2번은 ㄴ, ㄷ 조합이다.
- ㄴ은 옳다. 러더퍼드 모형은 양전하가 핵에 집중되어 있고 전자가 그 주위를 공전한다고 본다.
- ㄷ은 옳다. 보어 모형에서는 전자의 궤도 각운동량이 양자화되어 $L = n\hbar$를 만족한다.

3번 X
- 3번은 ㄴ, ㄹ 조합이다.
- ㄴ은 옳지만 ㄹ이 틀리므로 전체 조합은 틀리다.
- ㄹ의 틀린 표현은 "보어의 수소 원자 모형"이다. 올바르게는 "양자역학적 원자 모형에서 전자를 확률밀도함수로 기술한다"이다.

4번 X
- 4번은 ㄱ, ㄴ, ㄷ 조합이다.
- ㄴ, ㄷ은 옳지만 ㄱ이 틀리므로 전체 조합은 틀리다.
- ㄱ의 틀린 표현은 "양전하 외부에 전자들이 고르게 분포한다"이다. 올바르게는 "양전하가 퍼진 구 내부에 전자들이 박혀 있다"이다.

오답 포인트

보어 모형과 양자역학적 모형을 섞어 기억하면 ㄹ을 옳다고 보기 쉽다. 또한 톰슨 모형을 막연한 전하 분포 그림으로만 기억하면 ㄱ의 "양전하 외부"라는 표현을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

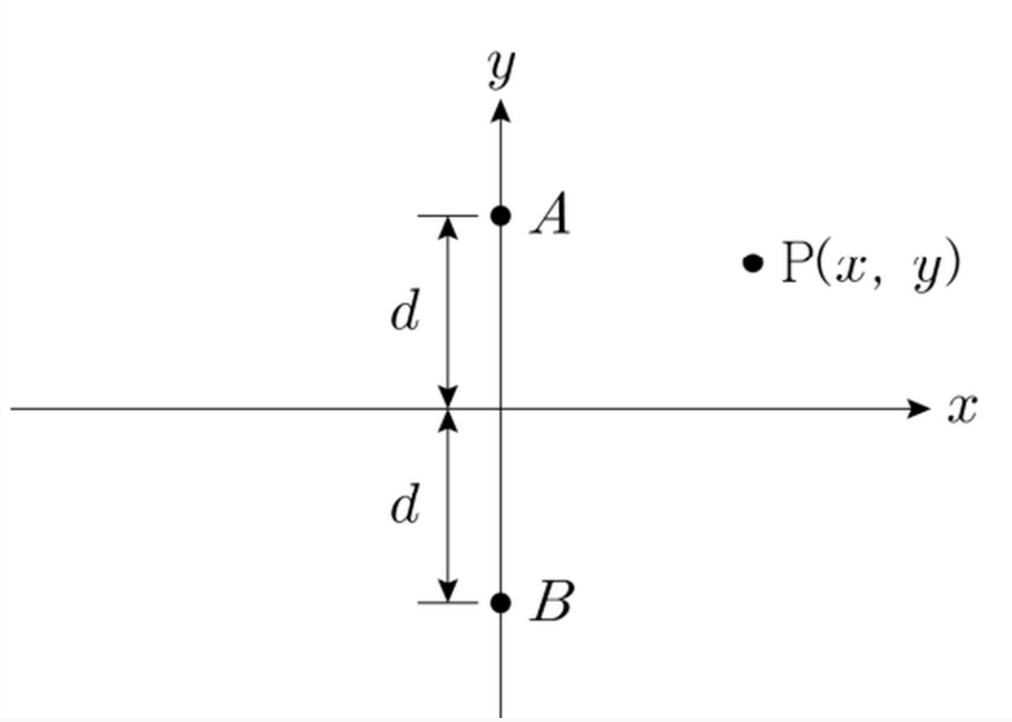
원자 모형 문제는 먼저 전자를 무엇으로 묘사하는지부터 구분하면 된다. 박힌 전자이면 톰슨, 핵 주위 공전이면 러더퍼드, 고정 궤도와 각운동량 양자화이면 보어, 확률밀도와 오비탈이면 양자역학적 모형이다.

암기 포인트

톰슨은 구 내부 전자, 러더퍼드는 핵 주위 공전, 보어는 각운동량 양자화, 양자역학은 확률밀도이다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 두 점전하 A와 B가 y축상에 고정되어 있다. A와 B의 전하량은 각각 Q_A와 Q_B이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① $Q_A = Q_B$일 때 전기장이 0이 되는 위치는 없다.

② P에서의 전위는 각 점전하에 의한 전위의 합이다.

③ $Q_B = -Q_A$이면, x축상의 모든 점에서 전위는 0이다.

④ $Q_A = Q_B$일 때, +x축($x > 0$)상에서 전기장은 x축 방향이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 두 점전하가 y축에 대칭으로 놓인 도식에서 전기장과 전위의 중첩, 그리고 대칭성에 따른 방향과 영점 조건을 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 틀린 표현은 "전기장이 0이 되는 위치는 없다"이다. $Q_A = Q_B$이면 두 전하의 중점인 원점에서 두 전기장의 크기는 같고 방향은 반대이므로 합성 전기장은 0이다.
- 올바르게는 "$Q_A = Q_B$일 때 전기장이 0이 되는 위치가 있으며, 대표적인 점은 원점이다"이다.

② O
- 전위는 스칼라량이므로 점 P에서의 전체 전위는 각 점전하가 만드는 전위의 대수합이다. 따라서 두 전하가 만드는 전위를 더한 값이 P의 전위이다.

③ O
- $Q_B = -Q_A$이면 x축 위의 임의의 점 $(x, 0)$은 두 전하로부터의 거리가 모두 $\sqrt{x^2 + d^2}$로 같다. 따라서 전위는 $kQ_A/r + kQ_B/r = 0$이 되어 x축의 모든 점에서 0이다.

④ O
- $Q_A = Q_B$일 때 $+x$축 위의 점에서는 위아래 전하가 만드는 전기장의 y성분이 서로 상쇄되고 x성분만 남는다. 따라서 전기장은 부호에 따라 $+x$ 또는 $-x$일 수 있으나, 방향 자체는 x축 방향이다.

오답 포인트

전위와 전기장을 같은 방식으로 합성한다고 생각하면 헷갈리기 쉽다. 전위는 스칼라량이라 거리만 같으면 부호에 따라 바로 더하거나 상쇄하면 되지만, 전기장은 벡터량이라 각 성분의 방향까지 따져야 한다. ①은 원점에서의 대칭 상쇄를 놓치면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

대칭 배치 문제에서는 먼저 전위가 스칼라인지, 전기장이 벡터인지 구분한다. 그다음 중점이나 축 위의 점에서 거리 같음과 성분 상쇄 여부를 확인하면 된다.

암기 포인트

전위는 대수합, 전기장은 벡터합이며, 같은 전하 두 개의 중점에서는 전기장이 0이 된다.

NoteBase

문 14. 전기장이 일정한 공간에 질량과 전하량이 각각 m, $+e$인 A 입자를 놓았더니 가속도 a를 가지고 운동하였다. 동일한 위치에 질량과 전하량이 각각 $4m$, $+2e$인 B 입자를 놓았을 때 B 입자의 가속도는?

① $\frac{1}{4}a$

② $\frac{1}{2}a$

③ $2a$

④ $4a$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 일정한 전기장에서 전기력 $F = qE$와 가속도 $a = F/m$의 관계를 이용해 B 입자의 가속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
A 입자의 질량은 m, 전하량은 $+e$, 가속도는 a이다.
B 입자의 질량은 $4m$, 전하량은 $+2e$이다.
구해야 할 값:
B 입자의 가속도이다.
주의할 조건:
전기장은 동일하므로 가속도는 q/m의 비에 비례한다.

사용할 공식

사용할 공식은 $F = qE$, $a = F/m$이다.
이 둘을 합치면 $a = qE/m$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 입자가 같은 전기장 E 안에 있으므로 가속도를 결정하는 값이 전하량과 질량의 비 q/m이기 때문이다.

계산 과정

1. A 입자에 대해 $ma = eE$이므로 $E = ma/e$이다.
2. B 입자에 작용하는 전기력은 $F_B = 2eE$이다.
3. 따라서 B 입자의 가속도는 $a_B = F_B/(4m) = 2eE/(4m) = eE/(2m)$이다.
4. A 입자의 가속도 $a = eE/m$이므로 $a_B = (1/2)a$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
가속도가 $a/4$가 되려면 전하량은 그대로이고 질량만 $4m$으로 커진 경우여야 한다. 이 문항의 B 입자는 전하량도 $+2e$로 2배이므로 전기력도 2배가 된다. 틀린 표현은 "$a/4$"이고, 올바르게는 "$a/2$"이다.

② O
같은 전기장에서 가속도는 q/m에 비례한다. B 입자의 q/m은 $(2e)/(4m) = e/(2m)$이므로 A 입자의 절반이다. 따라서 B의 가속도는 $a/2$가 맞다.

③ X
$2a$는 전하량이 2배라는 점만 보고 질량이 $4m$으로 커진 조건을 놓치면 나오는 값이다. 틀린 표현은 "$2a$"이고, 올바르게는 "질량 증가까지 반영한 $a/2$"이다.

④ X
$4a$는 전하량과 질량의 영향을 거꾸로 해석한 값이다. 질량이 커질수록 같은 힘에서 가속도는 작아지므로 $4a$가 될 수 없다. 틀린 표현은 "$4a$"이고, 올바르게는 "$a/2$"이다.

오답 포인트

전기장 문제에서 가속도를 전하량에만 비례한다고 보고 질량 변화를 빼먹기 쉽다. 이 문항은 "전하량 2배"와 "질량 4배"를 함께 비교해야 하므로, $a \propto q/m$ 관계를 한 번에 보지 않으면 ①이나 ③으로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 전기장 안의 입자 비교 문제는 먼저 $a = qE/m$에서 E가 공통인지 확인한다. 공통이면 복잡하게 힘을 다시 쓰기보다 q/m의 비만 비교하면 된다. 이 문항에서는 $(2e/4m)/(e/m) = 1/2$이므로 가속도도 절반이라고 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

같은 전기장에서는 $a \propto q/m$이다. 전하량이 2배이고 질량이 4배이면 가속도는 1/2배이다.

NoteBase

문 15. 물체 A와 B의 질량은 각각 $m_A = 1\text{kg}$, $m_B = 2\text{kg}$이고, 비열은 각각 $c_A = 1{,}000\text{J/kg}\,^\circ\text{C}$, $c_B = 500\text{J/kg}\,^\circ\text{C}$이다. 만약 물체 A와 B에 각각 같은 열량이 주어졌다면, 물체 A와 B의 온도 변화 비율 $\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B}$는? (단, 주어진 열량 이외의 열출입과 물체의 열팽창은 무시한다)

① 0.5

② 1

③ 1.5

④ 2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 같은 열량이 주어질 때 $Q = mc\Delta T$에서 온도 변화량이 물체의 열용량 mc에 반비례한다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A는 질량 $m_A = 1kg$, 비열 $c_A = 1000J/kg^\circ C$이다.
B는 질량 $m_B = 2kg$, 비열 $c_B = 500J/kg^\circ C$이다.
구해야 할 값: $\Delta T_A/\Delta T_B$이다.
주의할 조건: 두 물체에 주어진 열량 Q는 같으므로, 각 물체의 온도 변화량은 mc를 먼저 비교해 판단한다.

사용할 공식

사용 공식은 $Q = mc\Delta T$이다.
같은 열량 Q가 주어졌으므로 $\Delta T = Q/(mc)$가 된다.
따라서 온도 변화량은 열용량 mc에 반비례하므로 두 물체의 mc를 비교하면 비율을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

A의 열용량은 $m_A c_A = 1 \times 1000 = 1000$이다.
B의 열용량은 $m_B c_B = 2 \times 500 = 1000$이다.
두 물체의 열용량이 같으므로
$\Delta T_A = \frac{Q}{1000}, \quad \Delta T_B = \frac{Q}{1000}$
이다.
따라서
$\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B} = \frac{Q/1000}{Q/1000} = 1$
이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 0.5는 비열만 비교하여 $c_B/c_A = 500/1000$으로 본 값이다. 그러나 온도 변화량은 비열만이 아니라 질량까지 포함한 mc에 반비례한다. 틀린 표현은 "비열만 비교하면 된다"이고, 올바르게는 "열용량 mc를 비교해야 한다"이다.
② O: A와 B의 열용량이 각각 1000으로 같으므로 같은 열량을 받으면 온도 변화량도 같다. 따라서 $\Delta T_A/\Delta T_B = 1$이 맞다.
③ X: 1.5는 질량과 비열 값을 공식 없이 임의로 섞어 만든 값일 뿐, $Q = mc\Delta T$의 반비례 관계에서 나오지 않는다. 틀린 표현은 "주어진 수들을 임의로 조합해 비율을 만든다"이고, 올바르게는 "먼저 mc를 계산한 뒤 그 역비를 본다"이다.
④ X: 2는 질량만 비교하여 $m_B/m_A = 2/1$로 본 값이다. 그러나 B는 질량이 더 크지만 비열은 절반이므로 결과적으로 열용량은 A와 같다. 틀린 표현은 "질량만 크면 온도 변화 비율도 그대로 정해진다"이고, 올바르게는 "질량과 비열을 함께 곱한 열용량이 온도 변화량을 정한다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 질량과 비열 중 하나만 보고 판단하게 만드는 점이다. A는 비열이 크고 B는 질량이 크므로 겉보기에는 한쪽의 온도 변화가 더 작아 보이지만, 실제로는 두 물체의 열용량 mc가 같아 같은 열량에서 온도 변화도 같아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 열량이 주어진 온도 변화 문제는 먼저 $Q = mc\Delta T$를 세운 뒤, 열량이 같으면 $\Delta T \propto 1/(mc)$로 바꿔 본다. 이후 각 물체의 질량과 비열을 곱한 열용량을 비교하면 정답을 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

같은 열량에서는 온도 변화량이 열용량 mc의 역비로 결정된다.

NoteBase

문 16. 정지 상태의 외부 관찰자가 직선도로에서 30m/s의 속력으로 달리는 승용차와 승용차의 전방에서 10m/s의 속력으로 달리는 트럭을 관찰하고 있다. 두 차 사이의 거리가 60m일 때 승용차가 크기 5m/s^2의 가속도로 감속을 시작하였다면, 승용차가 감속하는 과정에서 외부 관찰자가 측정하는 승용차와 트럭 사이의 최소거리 [m]는? (단, 두 차는 같은 방향으로 운동하며, 점체로 간주한다)

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 방향으로 움직이는 두 물체의 상대운동을 이용해 두 차 사이의 최소거리를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 처음 차간 거리: $60m$
- 승용차 속력: $30m/s$
- 트럭 속력: $10m/s$
- 승용차 감속도: $5m/s^2$
- 구해야 할 값: 감속하는 동안 두 차 사이의 최소거리

사용할 공식

두 차 사이 거리 $d(t)$를 직접 두면

$d(t) = 60 + (10t) - \left(30t - \frac{1}{2} \cdot 5t^2\right) = 60 - 20t + 2.5t^2$

이다.

이 공식을 쓰는 이유:

트럭은 등속도 운동을 하고 승용차는 감속 운동을 하므로, 같은 기준계에서 각 위치를 시간의 함수로 놓아 차이를 구하면 두 차 사이 거리를 바로 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 트럭의 위치는 $x_t = 60 + 10t$이다.
2. 승용차의 위치는 $x_c = 30t - \frac{1}{2} \cdot 5t^2 = 30t - 2.5t^2$이다.
3. 따라서 두 차 사이 거리는 $d(t) = x_t - x_c = 60 - 20t + 2.5t^2$이다.
4. 이 식은 위로 열린 이차식이므로 꼭짓점에서 최소가 된다.
5. $d'(t) = -20 + 5t = 0$에서 $t = 4s$이다.
6. $d(4) = 60 - 20 \cdot 4 + 2.5 \cdot 4^2 = 60 - 80 + 40 = 20$이므로 최소거리는 $20m$이다.

선지별 해설

① X
- $10m$는 계산 결과와 맞지 않는다. 최소거리는 $20m$이다.
- 틀린 값 $10m \rightarrow$ 올바르게는 $20m$이다.
- 이 값은 트럭도 계속 전진한다는 조건이나 상대거리 이차식을 끝까지 정리하지 못했을 때 나올 수 있는 오답이다.

② X
- $15m$는 $d(t) = 60 - 20t + 2.5t^2$에 어떤 시각을 넣어도 최소값으로 나오지 않는다.
- 틀린 값 $15m \rightarrow$ 올바르게는 $20m$이다.
- 꼭짓점 시각 $t = 4s$를 정확히 찾지 못하면 이런 중간값 오답이 나온다.

③ O
- 상대거리 함수의 최소값이 $20m$이므로 옳다.
- 승용차와 트럭의 상대속도는 처음에 $20m/s$이고, 승용차가 감속하므로 상대속도가 0이 되는 순간 거리 감소가 멈춘다. 그 시각이 $t = 4s$이며 이때 거리가 $20m$이다.

④ X
- $25m$도 계산 결과와 맞지 않는다. 최소거리는 $20m$이다.
- 틀린 값 $25m \rightarrow$ 올바르게는 $20m$이다.
- 감속거리를 잘못 계산하거나 $\frac{1}{2}at^2$ 항의 계수를 빠뜨리면 이런 오답이 나온다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 승용차만 보지 말고 트럭도 같은 시간 동안 계속 $10m/s$로 전진한다는 점이다. 또 최소거리는 승용차 속력이 0이 되는 순간이 아니라 두 차의 상대속도가 0이 되는 순간에 결정된다는 점을 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

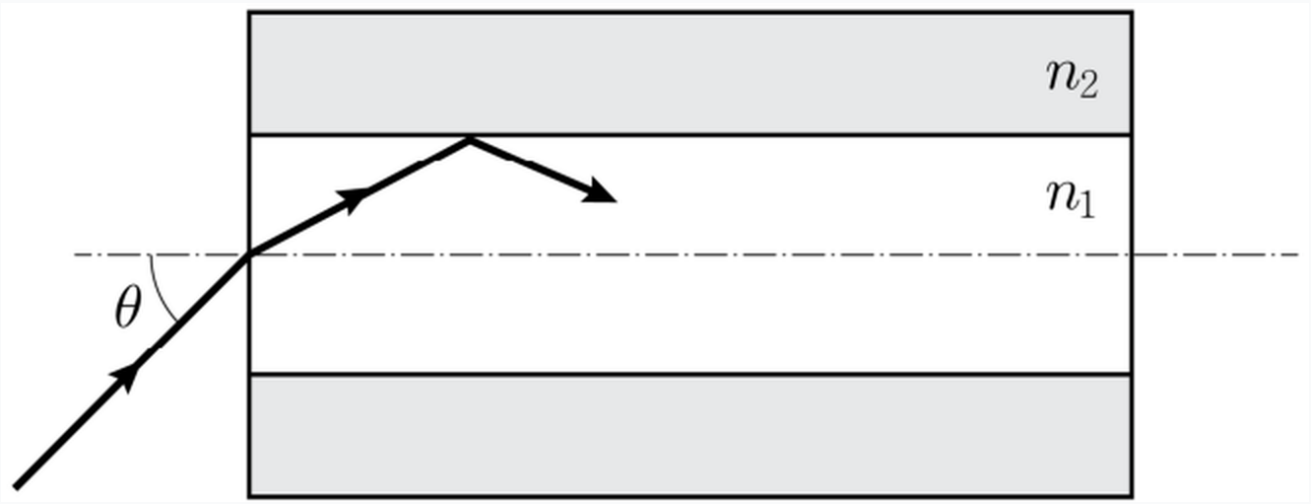
같은 방향 직선운동에서 최소거리를 묻는 문제는 두 물체의 상대거리 식을 먼저 세우고, 그 식의 최소값이나 상대속도가 0이 되는 시각을 찾으면 된다.

암기 포인트

최소거리는 상대속도 0인 순간의 상대거리이다.

NoteBase

문 17. 그림은 공기 중에 놓여 있는 원통형 광섬유의 단면 모습이다. 코어(내부 매질)와 클래딩(외부 매질)의 굴절률은 각각 n_1, n_2이다. $n_1 > n_2$일 때, 내부 전반사에 의해 입사된 빛이 코어 안에서 진행할 수 있는 수용각(acceptance angle) θ는? (단, 광섬유의 길이는 코어의 지름에 비해 충분히 길고, 공기의 굴절률은 1이다)



① $\cos^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$
② $\sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$
③ $\cos^{-1}\left(\frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{2}\right)$
④ $\sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{2}\right)$

정답 2번

출제 포인트

코어-클래딩 경계의 전반사 한계와 입사면에서의 스넬 법칙을 연결하여 광섬유의 수용각 θ를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 코어의 굴절률은 n_1, 클래딩의 굴절률은 n_2이고 $n_1 > n_2$이다.
구해야 할 값: 공기 중에서 입사한 빛이 코어 안에서 진행할 수 있는 최대 입사각인 수용각 θ이다.
주의할 조건: 공기의 굴절률은 1이고, 전반사 한계에서는 코어-클래딩 경계면에서의 입사각이 임계각이 된다.

NoteBase

사용할 공식

코어-클래딩 경계의 임계각 i_c는 $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$이다.
코어 내부 광선이 축과 이루는 각을 ϕ라 하면 경계면의 법선과 이루는 입사각은 $i_c = 90^\circ - \phi$이다.
입사면에서는 스넬 법칙 $n_0 \sin\theta = n_1 \sin\phi$를 쓴다.
이 공식을 쓰는 이유는 수용각이 입사면의 굴절 조건과 코어 내부의 전반사 조건을 동시에 만족하는 한계각이기 때문이다.

계산 과정

1. 전반사 한계에서 $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$이다.
2. $i_c = 90^\circ - \phi$이므로 $\cos\phi = \frac{n_2}{n_1}$이고, 따라서 $\sin\phi = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1}$이다.
3. 공기의 굴절률이 $n_0 = 1$이므로 입사면에서 $\sin\theta = n_1 \sin\phi = n_1 \cdot \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$이다.
4. 따라서 $\theta = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$이다.

선지별 해설

① X
오답 표현은 $\theta = \cos^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$이다. 입사면에서 최종적으로 얻는 식은 $\cos\theta$가 아니라 $\sin\theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$이다. 올바르게는 $\theta = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$이다.

② O
전반사 한계조건과 입사면 스넬 법칙을 연결하면 $\sin\theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$가 된다. 따라서 $\theta = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$가 맞다.

③ X
오답 표현은 $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{2}\right)$이다. 문제의 어느 단계에서도 2로 나눌 근거가 없고, 최종 관계도 $\cos\theta$가 아니라 $\sin\theta$이다. 올바르게는 $\theta = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$이다.

④ X
오답 표현은 $\theta = \sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{2}\right)$이다. 역삼각함수의 종류는 맞추었지만 수용각 식에 없는 /2를 임의로 넣은 것이 틀렸다. 올바르게는 $\theta = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$이다.

오답 포인트

임계각은 경계면의 법선 기준 각이고 수용각 θ는 광섬유 축 기준 각이므로 각의 기준을 섞으면 sin과 cos를 뒤바꾸기 쉽다. 또한 수용각 공식에는 2로 나누는 단계가 전혀 없는데도 보각이나 반각을 잘못 떠올려 /2를 넣으면 ③, ④ 같은 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

광섬유 수용각 문제는 먼저 코어-클래딩 경계에서 임계각 조건 $\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$를 세우고, 다음에 $i_c = 90^\circ - \phi$로 내부 광선각으로 바꾼 뒤, 마지막에 입사면 스넬 법칙 $n_0 \sin\theta = n_1 \sin\phi$를 연결하면 판단할 수 있다.

암기 포인트

공기 중 광섬유의 수용각은 $\sin\theta_a = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$이고, 따라서 $\theta_a = \sin^{-1}\left(\sqrt{n_1^2 - n_2^2}\right)$이다.

NoteBase

문 18. 정지해 있던 자동차가 7.0초 동안 등가속 운동을 하였다. 이어서 4.0초 동안 등속도로 운동한 후 5.0초 동안 등감속하여 정지하였다. 이때 자동차의 총 이동 거리가 200 m라면 등속도로 이동한 거리[m]는? (단, 자동차는 직선운동을 한다)

① 60

② 70

③ 80

④ 90

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 등가속도·등감속 구간의 거리를 평균속력으로 구해 총거리 $200m$에서 등속도 구간 거리를 찾는 계산형 문항이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 정지, 등가속도 운동 시간 $7.0s$, 등속도 운동 시간 $4.0s$, 등감속 운동 시간 $5.0s$, 총 이동 거리 $200m$이다.
구해야 할 값: 등속도로 이동한 거리이다.
주의할 조건: 가속 구간과 감속 구간의 거리는 각각 처음과 끝 속도의 평균속력으로 계산한다.

사용할 공식

등가속도 운동 구간의 거리는 평균속력과 시간의 곱이므로 $s = \frac{v_i + v_f}{2}t$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 가속 구간은 속도가 0에서 v까지 일정하게 증가하고, 감속 구간은 v에서 0까지 일정하게 감소하므로 두 구간의 평균속력이 각각 $\frac{v}{2}$가 되기 때문이다.

계산 과정

최고속력을 v라고 두면 가속 구간 거리는 $\frac{0+v}{2} \times 7 = 3.5v$이다.
등속도 구간 거리는 $4v$이다.
감속 구간 거리는 $\frac{v+0}{2} \times 5 = 2.5v$이다.
따라서 총거리는 $3.5v + 4v + 2.5v = 10v = 200$이므로 $v = 20m/s$이다.
등속도 구간 거리는 $4v = 4 \times 20 = 80m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과는 $80m$이므로 60은 맞지 않는다. 틀린 표현은 '등속도 거리가 60m'이고, 올바르게는 '등속도 거리는 $80m$이다.'이다.
② X: 계산 결과는 $80m$이므로 70은 맞지 않는다. 틀린 표현은 '등속도 거리가 70m'이고, 올바르게는 '등속도 거리는 $80m$이다.'이다.
③ O: 계산 결과가 $80m$이므로 옳다.
④ X: 계산 결과는 $80m$이므로 90은 맞지 않는다. 틀린 표현은 '등속도 거리가 90m'이고, 올바르게는 '등속도 거리는 $80m$이다.'이다.

오답 포인트

①, ②, ④를 고르는 경우는 가속·감속 구간도 등속도처럼 보아 거리를 잘못 잡거나, 세 구간의 거리를 각각 나누어 더하지 않고 총시간만 보고 비례 계산하는 실수가 많다. 이 문항의 핵심은 양쪽 구간이 직사각형이 아니라 평균속력이 $\frac{v}{2}$인 삼각형 구간이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

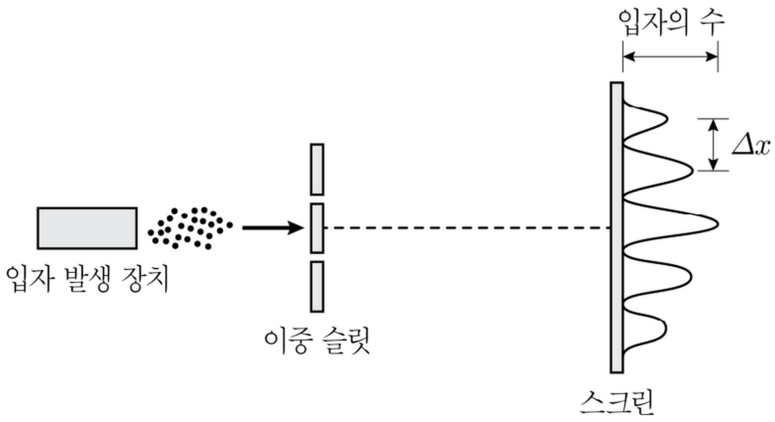
직선 운동이 가속, 등속, 감속으로 나뉘면 먼저 각 구간의 속도 변화를 확인하고, 가속·감속 구간은 평균속력으로 거리를 구한 뒤 전체 거리식에 합쳐 미지 속도나 미지 거리를 찾으면 된다.

암기 포인트

정지에서 출발해 다시 정지하는 구간의 거리는 양쪽 $\frac{v}{2} \times t$와 가운데 $v \times t$를 더해 계산한다.

NoteBase

문 19. 그림은 이중 슬릿에 입사하는 입자빔 간섭 실험을 나타낸 것으로, Δx는 스크린에 도달한 입자의 수가 극댓값을 가지는 이웃한 위치 간의 거리이다. 표에 주어진 세 종류의 입자 A, B, C를 각각 사용하여 측정한 Δx의 크기를 옳게 비교한 것은?



입자	질량	속력
A	m_0	$3v_0$
B	$3m_0$	$3v_0$
C	$2m_0$	v_0

① A > C > B

② B > A > C

③ B > C > A

④ C > A > B

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이중 슬릿 간섭무늬 간격이 드브로이 파장에 비례한다는 관계를 이용해 세 입자의 Δx 크기를 비교하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
A는 질량 m_0, 속력 $3v_0$이다.
B는 질량 $3m_0$, 속력 $3v_0$이다.
C는 질량 $2m_0$, 속력 v_0이다.
구해야 할 값:
세 입자의 Δx 대소관계이다.
주의할 조건:
같은 장치에서는 Δx가 입자의 운동량 $p = mv$에 반비례한다.

사용할 공식

$\Delta x \propto \lambda, \quad \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$
이 공식을 쓰는 이유:
이중 슬릿 간섭에서 인접한 극대 사이 간격은 파장에 비례하고, 입자빔의 파장은 드브로이 파장으로 주어지기 때문이다.

계산 과정

1. A의 운동량은 $p_A = m_0 \cdot 3v_0 = 3m_0v_0$이다.
2. B의 운동량은 $p_B = 3m_0 \cdot 3v_0 = 9m_0v_0$이다.
3. C의 운동량은 $p_C = 2m_0 \cdot v_0 = 2m_0v_0$이다.
4. $\Delta x \propto 1/p$이므로 운동량이 가장 작은 C의 Δx가 가장 크고, 그다음이 A, 마지막이 B이다. 따라서 $C > A > B$이다.

선지별 해설

① X
- $A > C > B$에서 "A>C"가 틀리다. C의 운동량 $2m_0v_0$가 A의 운동량 $3m_0v_0$보다 작아서 $\Delta x_C > \Delta x_A$이다. 틀린 표현은 "A>C"이고, 올바르게는 $C > A > B$이다.

② X
- $B > A > C$에서 "B>A"가 틀리다. B는 운동량이 가장 큰 $9m_0v_0$이므로 Δx가 가장 작다. 틀린 표현은 "B>A"이고, 올바르게는 $C > A > B$이다.

③ X
- $B > C > A$에서 "B>C"가 틀리다. B의 운동량이 C보다 훨씬 크므로 $\Delta x_B < \Delta x_C$이다. 틀린 표현은 "B>C"이고, 올바르게는 $C > A > B$이다.

④ O
- $C > A > B$는 운동량 크기 $p_C < p_A < p_B$를 $\Delta x \propto 1/p$로 뒤집어 읽은 결과와 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

질량과 속력이 함께 주어지면 파장을 직접 비교하려 하기 쉽지만, 먼저 운동량 mv를 비교하면 바로 정리된다. 특히 속력이 큰 입자가 항상 무늬 간격도 크다고 착각하기 쉬운데, 이 문제에서는 속력이 커질수록 운동량이 커져 Δx는 오히려 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

입자 간섭무늬 간격 비교는 $\Delta x \propto \lambda \propto 1/(mv)$만 확인하면 된다. 같은 실험장치에서는 각 입자의 mv를 먼저 계산하고, 운동량이 작은 순서를 간격이 큰 순서로 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

이중 슬릿 입자 간섭은 "운동량이 작을수록 드브로이 파장이 길고 무늬 간격이 크다"로 정리된다.

NoteBase

문 20. A는 어떤 건물의 옥상에서 정지 상태의 물체를 자유 낙하 시켜, 9초 후 물체가 바닥에 부딪히는 소리를 들었다. 이때 물체가 바닥에 닿기 직전의 속력$[m/s]$은? (단, 중력 가속도와 음속은 각각 $10m/s^2$, $320m/s$ 이다)

① 50

② 60

③ 70

④ 80

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 자유낙하 시간과 소리의 전달 시간을 나누어 전체 시간 $9s$를 식으로 세울 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 중력가속도 $g = 10m/s^2$, 음속 $320m/s$, A가 소리를 들은 전체 시간 $9s$이다.
구해야 할 값은 물체가 바닥에 닿기 직전의 속력이다.
주의할 조건은 $9s$가 낙하 시간만이 아니라 낙하 시간과 소리 전달 시간의 합이라는 점이다.

사용할 공식

자유낙하에서 높이는 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 충돌 직전 속력은 $v = gt$이다. 소리 전달 시간은 $t_s = \frac{h}{320}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 물체가 정지 상태에서 떨어지므로 등가속도 운동식으로 낙하 시간과 높이를 구할 수 있고, 그 높이만큼 소리가 다시 올라오는 시간까지 합해야 전체 $9s$가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

낙하 시간을 t라 두면 높이는 $h = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 = 5t^2$이다.
소리 전달 시간은 $\frac{h}{320} = \frac{5t^2}{320} = \frac{t^2}{64}$이다.
따라서 전체 시간은
$t + \frac{t^2}{64} = 9$
이다.
양변에 64를 곱하면
$t^2 + 64t - 576 = 0$
이다.
이를 풀면
$(t - 8)(t + 72) = 0$
이므로 낙하 시간은 $t = 8s$이다.
충돌 직전 속력은 $v = gt = 10 \times 8 = 80m/s$이다.

선지 판단

1번 X: $50m/s$이면 낙하 시간은 $5s$이고 높이는 $125m$이다. 이때 소리 전달 시간은 $\frac{125}{320}s$이므로 전체 시간은 $5.39s$ 정도이다. 50 m/s가 아니라 80 m/s이다.
2번 X: $60m/s$이면 낙하 시간은 $6s$이고 높이는 $180m$이다. 이때 소리 전달 시간은 $\frac{180}{320}s$이므로 전체 시간은 $6.56s$ 정도이다. 60 m/s가 아니라 80 m/s이다.
3번 X: $70m/s$이면 낙하 시간은 $7s$이고 높이는 $245m$이다. 이때 소리 전달 시간은 $\frac{245}{320}s$이므로 전체 시간은 $7.77s$ 정도이다. 70 m/s가 아니라 80 m/s이다.
4번 O: $80m/s$이면 낙하 시간은 $8s$이고 높이는 $320m$이다. 소리 전달 시간은 $\frac{320}{320} = 1s$이므로 전체 시간이 정확히 $9s$가 된다.

오답 포인트

전체 $9s$를 자유낙하 시간 하나로 처리하면 틀린다. 이 문제의 함정은 물체가 떨어지는 시간과 충돌 소리가 옥상까지 올라오는 시간을 반드시 분리해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

자유낙하와 소리 전달이 함께 나오면 먼저 전체 시간을 운동 구간과 전달 구간으로 나눈다. 그다음 $h = \frac{1}{2}gt^2$로 높이를 표현하고, 전달 시간을 더해 총시간 식을 세운 뒤 마지막에 $v = gt$로 속력을 구한다.

암기 포인트

낙하 문제에서 소리를 나중에 들었다면 총시간은 낙하 시간 + 소리 전달 시간이다.

NoteBase

문 21. 어떤 실험에서 단열 용기에 담긴 온도가 10 ℃인 물에 200 ℃로 가열된 쇳덩어리 한 개를 담가 충분히 오랜 시간 기다렸더니 20 ℃에서 열평형을 이루었다. 그렇다면 동일한 실험 조건에서 10 ℃인 물의 온도를 80 ℃ 이상으로 데우는 데 필요한 최소한의 쇳덩어리 개수는? (단, 단열 용기의 열용량은 무시하고, 물에 넣는 모든 쇳덩어리는 물리적, 화학적으로 동일하다)

① 9

② 11

③ 13

④ 15

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단열계에서의 열평형을 이용해 물과 쇳덩어리의 전체 열용량 비를 구한 뒤, 목표 온도 이상이 되도록 필요한 최소 개수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물의 처음 온도는 $10^\circ C$, 쇳덩어리의 처음 온도는 $200^\circ C$이다.
기준 실험: 쇳덩어리 1개를 넣었더니 평형온도가 $20^\circ C$가 된다.
구해야 할 값: 물의 온도를 $80^\circ C$ 이상으로 만드는 최소 쇳덩어리 개수이다.
주의할 조건: 단열 용기이므로 물이 얻은 열량과 쇳덩어리가 잃은 열량이 같고, 답은 최소 정수 개수여야 한다.

사용할 공식

열평형 조건은 물이 얻은 열량 = 쇳덩어리가 잃은 열량이다.
기준 실험에서는 $W(20-10) = C(200-20)$이다. 여기서 W는 물 전체의 열용량, C는 쇳덩어리 1개의 열용량이다.
같은 조건에서 쇳덩어리 n개를 넣어 최종 온도를 T라 두면 $W(T-10) = nC(200-T)$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 단열 용기에서는 외부로 빠져나가는 열이 없어서 계 내부의 열 이동만으로 평형이 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 기준 실험에서
$W(20-10)=C(200-20)$
이므로
$10W=180C$
$W=18C$
가 된다.
2. 쇳덩어리 n개를 넣었을 때 물의 최종 온도가 $80^\circ C$ 이상이 되려면
$W(80-10)\le nC(200-80)$
이어야 한다.
3. $W=18C$를 대입하면
$18C\times 70\le nC\times 120$
$1260\le 120n$
$n\ge 10.5$
가 된다.
4. 개수는 정수이므로 최소값은 11이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 필요한 개수는 $n\ge 10.5$이므로 최소 정수는 11이다. 9개는 이 조건을 만족하지 못해 틀리다. '최소 개수는 9개이다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 11개 이상이 필요하다.
② O: $n\ge 10.5$를 만족하는 가장 작은 정수가 11이므로 옳다. 따라서 물의 온도를 $80^\circ C$ 이상으로 만드는 최소 쇳덩어리 개수는 11개이다.
③ X: 13개는 11개보다 많아서 목표 온도 이상이 되는 것은 가능하지만 최소 개수는 아니다. '최소' 조건을 놓친 선택지이며, 올바르게는 13개도 가능하지만 최소값은 11개이다.
④ X: 15개도 목표 온도 이상이 되게 할 수는 있지만 역시 최소 개수는 아니다. 온도 조건만 보고 큰 수를 고르면 틀리며, 올바르게는 처음으로 조건을 만족하는 정수는 11개이다.

오답 포인트

기준 실험에서 바로 답을 구하려 하지 않고 먼저 열용량 비 $W:C=18:1$을 만들어야 한다. 또 $80^\circ C$ 이상이라는 조건은 방정식보다 부등식으로 처리해야 하며, 마지막에 최소 정수 조건까지 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단열 혼합 문제는 기준 실험으로 열용량 비를 먼저 구하고, 목표 온도 조건을 열평형식에 대입해 부등식으로 정리한 뒤, 그 값을 만족하는 최소 정수를 고르는 순서로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

단열 열평형 문제는 '기준 실험으로 열용량 비 계산 -> 목표 온도에 대해 부등식 설정 -> 최소 정수 선택'으로 정리된다.

NoteBase

문 22. 두 잠수함 A, B가 물속에서 서로를 향해 정면으로 움직이고 있다. 이때 잠수함 A는 v_A의 속력으로 움직이며 진동수가 f인 수중 음파를 방출하고 있다. 잠수함 B의 속력이 v_B라면, 잠수함 A에서 방출하는 수중 음파가 잠수함 B에 반사되어 되돌아올 때 잠수함 A의 관측자가 탐지하는 음파의 진동수는? (단, 수중에서 음파의 속력은 v_s이다)

① f
② $\left(\frac{v_s - v_A}{v_s - v_B}\right)\left(\frac{v_s + v_B}{v_s + v_A}\right)f$
③ $\left(\frac{v_s - v_B}{v_s + v_A}\right)\left(\frac{v_s + v_B}{v_s - v_A}\right)f$
④ $\left(\frac{v_s + v_A}{v_s - v_B}\right)\left(\frac{v_s + v_B}{v_s - v_A}\right)f$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 움직이는 음원 A와 움직이는 반사체 B 사이에서 도플러 효과가 왕복으로 두 번 적용될 때 A가 다시 듣는 반사파의 진동수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 잠수함 A의 속력은 v_A, 잠수함 B의 속력은 v_B, A가 내는 원래 진동수는 f, 물속 음속은 v_s이다.
구해야 할 값: B에서 반사되어 다시 A로 돌아온 음파를 A가 탐지할 때의 진동수이다.
주의할 조건: A에서 B로 갈 때 한 번, B에서 A로 돌아올 때 한 번, 총 두 번의 도플러 효과가 연속해서 적용된다.

사용할 공식

움직이는 음원과 움직이는 관측자가 서로 접근할 때 관측 진동수는 $f' = \frac{v_s + v_o}{v_s - v_s'}f$ 꼴이 된다. 여기서 v_o는 관측자의 접근 속력, v_s'는 음원의 접근 속력이다.
먼저 B가 듣는 진동수는 $f_B = \frac{v_s + v_B}{v_s - v_A}f$이다.
반사 후에는 B가 이 진동수 f_B를 가진 음원의 역할을 하므로, A가 다시 듣는 진동수는 $f_A = \frac{v_s + v_A}{v_s - v_B}f_B$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 처음에는 A가 음원이고 B가 관측자이며, 반사 후에는 B가 반사파의 음원 역할을 하고 A가 관측자가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. A가 낸 소리가 B에 도달할 때 B가 듣는 진동수는
$f_B = \frac{v_s + v_B}{v_s - v_A} f$
이다.
2. B에서 반사된 파는 B의 기준에서 같은 진동수 f_B를 가지며, 이제 B가 움직이는 음원 역할을 한다.
3. 이 반사파를 A가 다시 들을 때의 진동수는
$f_A = \frac{v_s + v_A}{v_s - v_B} f_B = \frac{v_s + v_A}{v_s - v_B} \cdot \frac{v_s + v_B}{v_s - v_A} f$
이다.
4. 따라서 최종 진동수는 $\frac{v_s + v_A}{v_s - v_B} \cdot \frac{v_s + v_B}{v_s - v_A} f$이고, 정답은 4번이다.

선지별 해설

① X: f는 도플러 변화가 전혀 없다고 본 값이라서 틀리다. A와 B가 서로 접근하고 반사까지 일어나므로 진동수는 그대로 유지되지 않는다. 틀린 표현은 "그냥 f"이고, 올바르게는 $\frac{v_s + v_A}{v_s - v_B} \cdot \frac{v_s + v_B}{v_s - v_A} f$이다.
② X: $\frac{v_s - v_A}{v_s - v_B} \cdot \frac{v_s + v_B}{v_s + v_A} f$는 돌아오는 과정에서 A와 B를 접근이 아니라 멀어지는 경우처럼 처리한 식이다. 틀린 표현은 반환 경로의 $v_s + v_A$와 $v_s - v_A$ 배치이며, 올바르게는 A가 반사파를 향해 접근하므로 $\frac{v_s + v_A}{v_s - v_B}$가 곱해져야 한다.
③ X: $\frac{v_s - v_B}{v_s + v_A} \cdot \frac{v_s + v_B}{v_s - v_A} f$는 첫 번째 이동은 맞게 잡았지만 반사 후 두 번째 도플러 인자를 거꾸로 쓴 식이다. 틀린 표현은 $\frac{v_s - v_B}{v_s + v_A}$이고, 올바르게는 $\frac{v_s + v_A}{v_s - v_B}$이다.
④ O: A에서 B로 갈 때 $\frac{v_s + v_B}{v_s - v_A}$, B에서 A로 돌아올 때 $\frac{v_s + v_A}{v_s - v_B}$가 차례로 곱해지므로 $\frac{v_s + v_A}{v_s - v_B} \cdot \frac{v_s + v_B}{v_s - v_A} f$가 된다.

오답 포인트

왕복 도플러 문제에서 가장 흔한 실수는 반사 후에도 처음과 같은 음원·관측자 관계를 그대로 쓰는 것이다. 이 문항에서는 돌아오는 구간에서 B가 반사파의 음원, A가 관측자가 되므로 두 번째 비율이 뒤집히지 않는다. ②와 ③은 바로 이 역할 전환을 놓친 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반사 도플러 문제는 진행 구간과 복귀 구간을 분리해서 본다. 먼저 원래 음원이 상대에게 들리는 진동수를 구하고, 그 값을 반사체가 새로 내는 진동수로 보고 다시 한 번 도플러 공식을 적용하면 된다.

암기 포인트

반사 도플러는 한 번이 아니라 두 번 적용되며, 돌아오는 구간에서는 반사체가 음원 역할을 한다.

NoteBase

문 23. 어떤 입자에 $\vec{F}=(x^2\hat{i}-2y\hat{j}+3\hat{k})$ N의 힘이 작용하여 입자의 위치가 $(1\hat{i}+2\hat{j}+1\hat{k})$ m에서 $(1\hat{i}-2\hat{j}+3\hat{k})$ m로 변하였다. 이때 힘 $\vec{F}$가 한 일[J]은?

① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 위치에 따라 달라지는 힘 $\vec{F}=(x^2\hat{i}-2y\hat{j}+3\hat{k})$가 한 일을 퍼텐셜 함수 또는 선적분으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 힘은 $\vec{F}=(x^2,\ -2y,\ 3)$이다.
입자의 시작점은 $(1,2,1)$, 끝점은 $(1,\ -2,\ 3)$이다.
구해야 할 값은 힘이 한 일 W이다.
x좌표는 변하지 않고, y항은 시작점과 끝점의 y^2가 같아서 기여가 0이 된다.

사용할 공식

일은 $W=\int\vec{F}\cdot d\vec{r}$로 구한다.
이 벡터장은 $\phi(x,y,z)=\frac{x^3}{3}-y^2+3z$의 기울기 $\nabla\phi$로 쓸 수 있으므로 보존력장이다.
따라서 $W=\phi(B)-\phi(A)$를 사용해도 된다.

계산 과정

퍼텐셜 함수를 $\phi(x,y,z)=\frac{x^3}{3}-y^2+3z$로 두면,
$W=\phi(1,\ -2,3)-\phi(1,2,1)$
$=\left(\frac{1}{3}-(-2)^2+3\cdot3\right)-\left(\frac{1}{3}-(2)^2+3\cdot1\right)$
$=\left(\frac{1}{3}-4+9\right)-\left(\frac{1}{3}-4+3\right)=6$
따라서 힘이 한 일은 $6J$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
일은 4J가 아니라 6J이다. x성분 기여는 0, y성분 기여도 0, z성분 기여가 $3 \times (3-1) = 6$이므로 4가 될 수 없다.

② O
계산 결과가 6J이므로 옳다. 시작점과 끝점에서 x가 같아 x^2항의 일은 0이고, y항은 $-y^2$의 변화가 0이며, z항만 남아 총 일이 6J가 된다.

③ X
일은 8J가 아니라 6J이다. y좌표가 크게 변하더라도 $-2y$를 적분하면 $-y^2$의 차가 되어 시작점과 끝점에서 서로 상쇄된다.

④ X
일은 10J가 아니라 6J이다. y변화를 크기만 보고 추가로 더하면 큰 값이 나오지만, 보존력장에서 실제 일은 퍼텐셜 차이로 계산해야 한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 좌표 변화량을 단순히 더하거나, $-2y$항을 부호까지 포함한 적분으로 처리하지 않고 크기만 합산하는 데 있다. y성분은 변화량이 커 보여도 $-y^2$의 시작값과 끝값이 같아 실제 기여가 0이라는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

좌표에 의존하는 힘이 나오면 먼저 $W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$ 형태를 확인하고, 각 성분이 퍼텐셜 함수의 미분형으로 묶이는지 본다. 보존력장이면 경로를 따지지 말고 시작점과 끝점의 퍼텐셜 차이로 바로 계산한다.

암기 포인트

보존력장의 일은 경로가 아니라 퍼텐셜 차이로 정해지며, 이 문제에서는 $\phi = \frac{x^3}{3} - y^2 + 3z$를 잡으면 바로 $W = 6J$가 된다.

NoteBase

문 24. 헬륨-네온 레이저를 사용하면, 적색 빛(파장 λ_{red}) 방출을 얻을 수 있을 뿐 아니라, 녹색 빛(파장 λ_{green}) 방출도 얻을 수 있다. 적색 빛 방출의 경우는, 레이저 내의 네온 원자가 주어진 들뜬 에너지 상태에서 E_{red} 에너지 상태로 전이되는 경우이고, 녹색 빛 방출의 경우는 네온 원자가 동일한 들뜬 에너지 상태에서 E_{green} 에너지 상태로 전이되는 경우이다. 만약, 네온 원자가 E_{green} 에너지 상태와 E_{red} 에너지 상태 사이에서 전이가 일어난다면, 이때 방출되는 빛의 파장은?

① $\frac{\lambda_{red}\lambda_{green}}{\lambda_{red}+\lambda_{green}}$
② $\frac{\lambda_{red}\lambda_{green}}{\lambda_{red}-\lambda_{green}}$
③ $\frac{2\lambda_{red}\lambda_{green}}{\lambda_{red}+\lambda_{green}}$
④ $\frac{2\lambda_{red}\lambda_{green}}{\lambda_{red}-\lambda_{green}}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 같은 들뜬 상태에서 서로 다른 두 준위로 내려올 때의 광자 에너지를 비교하여, 두 낮은 준위 사이 전이의 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 적색 방출 광자 에너지: $E_{ph,red} = hc/\lambda_{red}$
- 녹색 방출 광자 에너지: $E_{ph,green} = hc/\lambda_{green}$

구해야 할 값:
- E_{red}와 E_{green} 사이 전이에서 나오는 빛의 파장

주의할 조건:
- 두 방출 모두 같은 들뜬 상태에서 시작한다.
- 광자 에너지는 파장이 짧을수록 크므로 $\lambda_{green} < \lambda_{red}$이면 $hc/\lambda_{green} > hc/\lambda_{red}$이다.

사용할 공식

광자 에너지는 $E = hc/\lambda$이다.
같은 들뜬 상태 에너지를 E_u라 두면
$E_u - E_{red} = \frac{hc}{\lambda_{red}}, \quad E_u - E_{green} = \frac{hc}{\lambda_{green}}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 준 두 파장은 모두 같은 위 준위 E_u에서 아래 준위로 전이할 때 방출되는 광자의 에너지이므로, 두 식을 빼면 아래 두 준위 사이 에너지 차이를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 두 식을 빼면
$(E_u - E_{\text{green}}) - (E_u - E_{\text{red}}) = \frac{hc}{\lambda_{\text{green}}} - \frac{hc}{\lambda_{\text{red}}}$
이므로
$E_{\text{red}} - E_{\text{green}} = hc\left(\frac{1}{\lambda_{\text{green}}} - \frac{1}{\lambda_{\text{red}}}\right)$
이다.
2. $E_{\text{red}} \rightarrow E_{\text{green}}$ 전이에서 나오는 광자의 에너지를 hc/λ라 두면
$\frac{hc}{\lambda} = hc\left(\frac{1}{\lambda_{\text{green}}} - \frac{1}{\lambda_{\text{red}}}\right)$
이다.
3. hc를 약분하면
$\frac{1}{\lambda} = \frac{\lambda_{\text{red}} - \lambda_{\text{green}}}{\lambda_{\text{red}}\lambda_{\text{green}}}$
따라서
$\lambda = \frac{\lambda_{\text{red}}\lambda_{\text{green}}}{\lambda_{\text{red}} - \lambda_{\text{green}}}$
이다.

선지별 해설

① X
- $\frac{\lambda_{\text{red}}\lambda_{\text{green}}}{\lambda_{\text{red}} + \lambda_{\text{green}}}$는 $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_{\text{red}}} + \frac{1}{\lambda_{\text{green}}}$처럼 에너지를 잘못 더한 형태이다.
- 이 문항은 같은 위 준위에서 내려온 두 광자 에너지의 차를 써야 하므로, 올바르게는 $\lambda = \frac{\lambda_{\text{red}}\lambda_{\text{green}}}{\lambda_{\text{red}} - \lambda_{\text{green}}}$이다.

② O
- 두 낮은 준위 사이 에너지 차는 $hc\left(\frac{1}{\lambda_{\text{green}}} - \frac{1}{\lambda_{\text{red}}}\right)$이고, 이를 파장으로 바꾸면 $\lambda = \frac{\lambda_{\text{red}}\lambda_{\text{green}}}{\lambda_{\text{red}} - \lambda_{\text{green}}}$가 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X
- ②의 정답식에 불필요한 2가 곱해진 형태이다.
- 준위 차이는 두 광자 에너지의 단순 차이이지 평균이나 왕복 전이가 아니므로 2가 들어갈 이유가 없다.
올바르게는 $\lambda = \frac{\lambda_{\text{red}}\lambda_{\text{green}}}{\lambda_{\text{red}} - \lambda_{\text{green}}}$이다.

④ X
- 분모 차이는 맞지만 분자에 2를 곱한 오답이다.
- 에너지 차를 파장으로 바꿀 때 계수 2는 생기지 않는다. 올바른 식은 $\lambda = \frac{\lambda_{\text{red}}\lambda_{\text{green}}}{\lambda_{\text{red}} - \lambda_{\text{green}}}$이다.

오답 포인트

적색과 녹색의 파장 자체를 직접 더하거나 빼는 실수를 하기 쉽다. 이 문항은 파장이 아니라 먼저 광자 에너지 hc/λ를 비교해야 하며, 같은 위 준위에서 출발한다는 조건 때문에 두 광자 에너지의 차가 아래 두 준위 사이 에너지 차가 된다는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

여러 파장이 같은 위 준위에서 나온 문제는 먼저 각 전이의 광자 에너지를 hc/λ로 쓴다. 그다음 공통인 위 준위를 소거하여 원하는 두 준위의 에너지 차를 만든 뒤, 마지막에 다시 파장으로 바꾸면 된다.

암기 포인트

같은 위 준위 전이에서는 파장을 바로 다루지 않고, $1/\lambda$ 즉 광자 에너지 차로 준위 차를 구한다.

NoteBase

문 25. 총 전하가 양전하 $+Q$로 균일하게 대전되고, 반지름이 a인 속이 찬 부도체 구가 있다. $-Q$로 대전되고 안쪽 반지름이 b인 도체 구 껍질이 이 부도체 구를 둘러싸고 있다. $r < a$인 지점에서 전기장의 크기는? (단, 부도체 구와 도체 구 껍질의 중심은 일치하며, k는 쿨롱 상수, $b > a$이다)

① 0
② $k\frac{Q}{r^2}$
③ $k\frac{Qr}{a^3}$
④ $k\frac{Q}{(b-a)^2}$

정답 3번

출제 포인트

균일하게 대전된 속이 찬 구의 내부 전기장을 가우스 법칙으로 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 총전하가 $+Q$인 반지름 a의 균일 대전 부도체 구, 총전하가 $-Q$인 동심 도체 구 껍질의 안쪽 반지름은 b이다.
구해야 할 값: $r < a$에서의 전기장 크기이다.
주의할 조건: $r < a$에서는 반지름 r인 가우스 구 내부에 포함된 전하만 직접 기여한다. 도체 구 껍질은 동심 구대칭이므로 이 영역의 전기장 크기 식을 바꾸지 않는다.

사용할 공식

가우스 법칙으로
$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_{\text{enc}}}{\varepsilon_0}$
이고, 쿨롱 상수 $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$를 쓰면
$E = k\frac{Q_{\text{enc}}}{r^2}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 전하 분포와 도체 껍질이 모두 동심 구대칭이므로 전기장은 반지름 r에서 일정한 크기의 방사형이 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 균일 대전된 부도체 구의 체적 전하밀도는 $\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi a^3}$이다.
2. 반지름 $r < a$인 가우스 구가 포함하는 전하는
$Q_{\text{enc}} = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = Q\frac{r^3}{a^3}$
이다.
3. 따라서 전기장 크기는
$E = k\frac{Q_{\text{enc}}}{r^2} = k\frac{Q(r^3/a^3)}{r^2} = k\frac{Qr}{a^3}$
이다.

선지별 해설

① X
$r < a$이고 $r \neq 0$이면 가우스 구 내부에 양전하가 포함되므로 전기장은 0이 아니다. 틀린 표현은 전기장이 사라진다고 본 점이고, 올바르게는 전기장은 중심에서 0이고 내부에서는 r에 비례해 커진다.

② X
$k\frac{Q}{r^2}$는 전체 전하 Q가 중심에 모여 있거나 구 밖 $r \geq a$에서 쓰는 형태이다. 틀린 표현은 내부에서도 전체 전하를 한꺼번에 넣은 점이고, 올바르게는 내부에서는 $Q_{\text{enc}} = Q\frac{r^3}{a^3}$만 포함하므로 $E = k\frac{Qr}{a^3}$이다.

③ O
가우스 법칙으로 내부 포함 전하가 $Q\frac{r^3}{a^3}$이므로 $E = k\frac{Q_{\text{enc}}}{r^2} = k\frac{Qr}{a^3}$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X
$b - a$는 부도체 구와 도체 껍질 사이 거리일 뿐이며 $r < a$ 내부 전기장 크기를 직접 정하지 않는다. 틀린 표현은 전기장을 간격만으로 정한 점이고, 올바르게는 내부 전기장은 부도체 구 내부에 포함된 전하량으로 결정된다.

오답 포인트

도체 구 껍질의 총전하가 $-Q$라는 정보에 끌려 내부 전기장이 상쇄된다고 오해하기 쉽다. 그러나 동심 구대칭에서는 도체 껍질이 $r < a$ 영역의 전기장 식을 바꾸지 않으며, 내부에서는 전체 전하 Q가 아니라 포함 전하 Q_{enc}를 써야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

구대칭 전기장 문제는 먼저 관심 영역이 구 내부인지 구 외부인지를 나눈다. 내부이면 전체 전하를 바로 넣지 않고 반지름 r까지의 포함 전하를 구한 뒤 가우스 법칙에 대입하면 된다.

암기 포인트

균일 대전 속찬 구 내부 전기장은 $E \propto r$, 구 외부 전기장은 $E \propto \frac{1}{r^2}$이다.

NoteBase