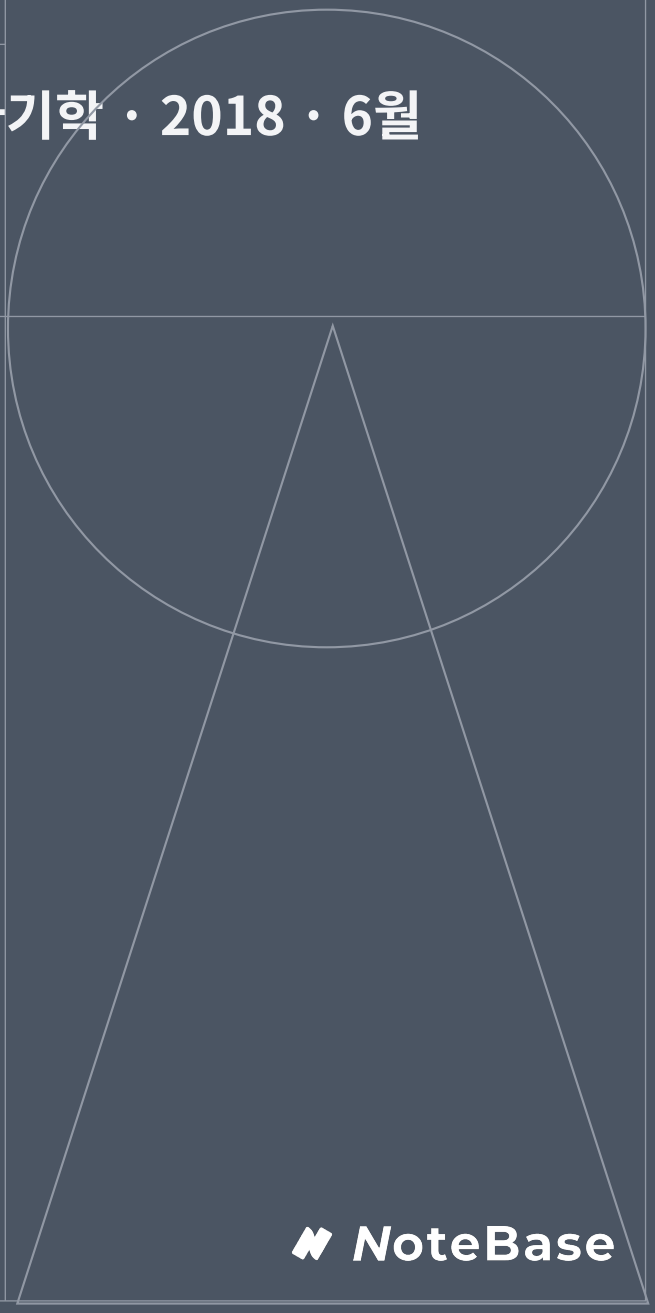
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 전기자기학 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 전기자기학 · 2018 · 6월

공무원/서울시/7급 · 전기자기학 · 2018 · 6월

문 1. 진공 속을 진행하는 주파수가 100 [MHz]인 전자기파 파장의 크기는? (단, 진공 중의 전자기파 속도 $c = 3 \times 10^8 [m/s]$이다.)

① 1 [m]

② 2 [m]

③ 3 [m]

④ 4 [m]

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 전자기파의 속도, 주파수, 파장 관계식 $\lambda = \frac{c}{f}$를 이용해 파장을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 주파수 $f = 100\text{MHz} = 100 \times 10^6\text{Hz} = 10^8\text{Hz}$, 전자기파 속도 $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$
구해야 할 값: 파장 λ
주의할 조건: MHz를 Hz로 바꾼 뒤 계산해야 한다.

사용할 공식

사용할 공식은 $c = f\lambda$, 따라서 $\lambda = \frac{c}{f}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 진공 중 전자기파의 속도, 주파수, 파장이 서로 이 관계를 만족하기 때문이다.

계산 과정

1. 주파수 100MHz를 Hz로 바꾸면 10^8Hz이다.
2. 공식에 대입하면 $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{10^8}$
3. 계산하면 $\lambda = 3\text{m}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X
파장을 1m라고 한 부분이 틀리다. 계산 결과는 3m이므로 올바르게는 3m이다. 1m는 $f = 300\text{MHz}$일 때의 값이다.

② X
파장을 2m라고 한 부분이 틀리다. 계산 결과는 3m이므로 올바르게는 3m이다. 2m는 $f = 150\text{MHz}$일 때의 값이다.

③ O
계산 결과가 3m이므로 옳다. 주파수를 10^8Hz로 바꾼 뒤 $\lambda = \frac{3 \times 10^8}{10^8} = 3$으로 바로 확인할 수 있다.

④ X
파장을 4m라고 한 부분이 틀리다. 계산 결과는 3m이므로 올바르게는 3m이다. 4m는 $f = 75\text{MHz}$일 때의 값이다.

오답 포인트

주파수 단위 MHz를 Hz로 바꾸지 않거나, $c = f\lambda$에서 분자와 분모를 뒤집으면 오답이 나온다. 보기 숫자만 보고 비례관계를 감으로 고르면 ②나 ④에 끌리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

전자기파 계산 문제는 먼저 $c = f\lambda$를 떠올리고, 주파수 단위를 Hz로 통일한 뒤 $\lambda = \frac{c}{f}$로 계산하면 된다. 속도와 주파수가 주어지면 파장은 속도를 주파수로 나눈 값으로 판단한다.

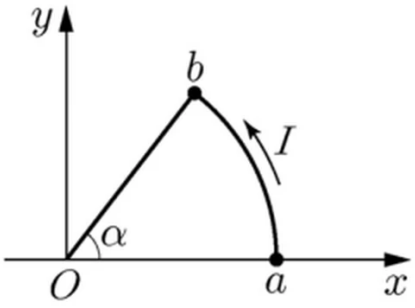
암기 포인트

전자기파는 $c = f\lambda$, 따라서 파장은 속도 나누기 주파수이다.

NoteBase

문 2. <보기>의 도선에서 전류가 흐를 때 원점 O에서 자계벡터 $\vec{H}_0$는? (단, 점 a에서 점 b로 흐르는 도선의 전류만을 고려한다.)

<보기>



① $\frac{I}{4\pi a}\alpha\vec{a}_z[A/m]$

② $\frac{I}{2\pi a}\alpha\vec{a}_z[A/m]$

③ $\frac{I}{2\pi a}\alpha\vec{a}_y[A/m]$

④ $\frac{I}{4\pi a}\alpha\vec{a}_x[A/m]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반지름 a, 중심각 α인 원호 전류가 원점에 만드는 자기장과, 원점을 지나는 직선 도선의 기여가 0이라는 점을 함께 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전류 I가 점 a에서 점 b로 흐른다.
- 원호 ab의 중심은 O, 반지름은 a, 중심각은 α이다.
- 직선 도선 Ob도 포함되지만 관측점은 원점 O이다.

구해야 할 값:
- 원점 O에서의 자기벡터 $\vec{H}_0$

주의할 조건:
- 점 a에서 점 b로 흐르는 도선 전류만 고려한다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 전기자기학 · 2018 · 6월

사용할 공식

원호 전류가 중심에 만드는 자기장 세기는 $\vec{H} = \frac{I\phi}{4\pi R}\vec{a}_n$이다.
또한 비오-사바르 법칙에서 직선 도선의 각 미소구간에 대해 $d\vec{l} \parallel \vec{r}$이면 $d\vec{l} \times \hat{r} = 0$이므로 그 구간의 자기장 기여는 0이다.
이 공식을 쓰는 이유:
- 원호 ab는 중심 O를 기준으로 반지름이 일정한 원호이므로 원호 중심 자기장 공식을 바로 적용할 수 있다.
- 직선 도선 Ob는 관측점 O를 지나는 방향과 나란하여 자기장을 만들지 않는다.

계산 과정

1. 직선 도선 Ob의 경우 원점 O에서 각 전류요소에 대한 위치벡터가 도선 방향과 나란하므로 $d\vec{l} \times \hat{r} = 0$이다. 따라서 Ob가 만드는 자기장은 0이다.
2. 원호 ab는 반지름 a, 중심각 α인 원호이므로 원점에서의 자기장 세기는 $H_{ab} = \frac{I\alpha}{4\pi a}$이다.
3. 전류가 $a \to b$로 흐르면 원호를 따라 반시계방향이므로 오른손법칙에 의해 방향은 $+z$축, 즉 $\vec{a}_z$이다.
4. 따라서 $\vec{H}_0 = \frac{I\alpha}{4\pi a}\vec{a}_z$이다.

선지별 해설

① O
- Ob 구간의 기여는 0이고, 원호 ab만 남으므로 $\vec{H}_0 = \frac{I\alpha}{4\pi a}\vec{a}_z$가 된다. 크기와 방향이 모두 맞다.

② X
- $\frac{I\alpha}{2\pi a}\vec{a}_z$는 계수가 두 배 크게 잡혀 틀리다. 원호 중심 자기장은 $\frac{I\alpha}{4\pi a}$가 맞다.
- 틀린 표현은 $\frac{1}{2\pi a}$이고, 올바르게는 $\frac{1}{4\pi a}$이다.

③ X
- 자기장 방향은 도선이 놓인 xy평면 안의 $\vec{a}_y$가 아니라 평면에 수직인 $\vec{a}_z$이다. 또한 계수도 $\frac{1}{2\pi a}$가 아니라 $\frac{1}{4\pi a}$이다.
- 틀린 표현은 방향 $\vec{a}_y$와 계수 $\frac{1}{2\pi a}$이고, 올바르게는 $\frac{I\alpha}{4\pi a}\vec{a}_z$이다.

④ X
- 계수 $\frac{1}{4\pi a}$는 맞지만, 자기장 방향을 $\vec{a}_x$로 둔 것이 틀리다. 원호 전류가 만드는 중심 자기장은 항상 원호가 놓인 평면에 수직이다.
- 틀린 표현은 방향 $\vec{a}_x$이고, 올바르게는 $\vec{a}_z$이다.

오답 포인트

원호 문제에서 $\frac{I}{2\pi\rho}$ 형태의 직선도선 공식을 끌어오면 ②처럼 계수가 두 배 커진다. 또 도선이 xy평면에 있으니 자기장도 평면 안이라고 착각하면 ③, ④처럼 방향을 $\vec{a}_x$, $\vec{a}_y$로 잘못 잡게 된다. 이 문항의 핵심 함정은 직선 도선 Ob의 기여가 0이라는 점과, 자기장 방향이 평면 수직이라는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

도선이 여러 구간으로 나뉘면 먼저 구간별로 분해한다. 그다음 관측점과 전류요소가 나란한 직선 구간은 $d\vec{l} \times \hat{r} = 0$으로 제거하고, 원호 구간에는 $\frac{I\phi}{4\pi R}$를 적용한다. 마지막으로 방향은 오른손법칙으로 정해 평면 수직축인지부터 확인하면 된다.

암기 포인트

원호 중심의 자기장 세기는 $\frac{I\phi}{4\pi R}$이고, 방향은 오른손법칙에 따른 평면 수직 방향이다.

NoteBase

문 3. 정현파 전기장 $E(z,t)=100\cos(10^8t-0.5z+\pi/6)$일 때, $E(z,t)$의 페이저(Phasor)는?

① $100e^{j(-0.5z+\pi/3)}$

② $100e^{j(z+\pi/3)}$

③ $100e^{j(-0.5z+\pi/6)}$

④ $100e^{j(z+\pi/6)}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 시간영역 정현파 전기장을 페이저로 바꿀 때 시간인자 $e^{j\omega t}$를 떼고 위치에 따른 복소진폭만 남기는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $E(z,t)=100\cos(10^8t-0.5z+\pi/6)$
구해야 할 값: $E(z,t)$의 페이저
주의할 조건: 코사인식에서 ωt 항은 시간인자에 해당하므로 페이저에는 남기지 않고, z에 대한 위상항과 초기위상만 복소진폭에 남긴다.

사용할 공식

시간조화장 표현은 $E(z,t)=\Re\{\tilde{E}(z)e^{j\omega t}\}$이다.
따라서 $E(z,t)=E_0\cos(\omega t+\phi(z))$이면 페이저는 $\tilde{E}(z)=E_0e^{j\phi(z)}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제의 식이 이미 진폭 100, 각주파수 10^8, 위치 위상 $-0.5z+\pi/6$를 가진 표준 정현파 형태이기 때문이다.

계산 과정

1. 주어진 식을 $E(z,t)=100\cos(10^8t+(-0.5z+\pi/6))$로 본다.
2. 시간인자 e^{j10^8t}에 대응하는 부분은 페이저에서 제외한다.
3. 남는 복소진폭은 $\tilde{E}(z)=100e^{j(-0.5z+\pi/6)}$이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 전기자기학 · 2018 · 6월

선지별 해설

① X

- $100e^{j(-0.5z+\pi/3)}$는 위치 위상 부호는 맞지만 초기위상을 $\pi/6$이 아니라 $\pi/3$으로 잘못 쓴 값이다.
- 틀린 표현은 $\pi/3$이고, 올바르게는 $\pi/6$이다.

② X

- $100e^{j(z+\pi/3)}$는 z 항의 계수와 부호가 모두 원식과 다르다. 원식의 위상은 $-0.5z$인데 이 선지는 $+z$로 바꾸어 진행 방향과 위상변화를 함께 틀렸다.
- 틀린 표현은 $+z$와 $\pi/3$이고, 올바르게는 $-0.5z$와 $\pi/6$이다.

③ O

- $100e^{j(-0.5z+\pi/6)}$는 시간항 10^8t를 제거한 뒤 진폭 100과 위치 위상 $-0.5z+\pi/6$만 남긴 정확한 페이저이다.

④ X

- $100e^{j(z+\pi/6)}$는 초기위상 $\pi/6$은 맞지만 z 항이 $-0.5z$가 아니라 $+z$이므로 위치에 따른 위상변화를 잘못 쓴 값이다.
- 틀린 표현은 $+z$이고, 올바르게는 $-0.5z$이다.

오답 포인트

페이저를 만들 때 ωt를 남겨 두거나, 위치 위상 $-0.5z$의 부호를 반대로 쓰는 실수가 잦다. 또 초기위상 $\pi/6$을 문제없이 읽고도 $\pi/3$으로 바꾸는 단순 위상 오기가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

정현파를 페이저로 바꾸는 문제는 먼저 식을 $\cos(\omega t+\phi)$ 꼴로 정리한 뒤, 시간항 ωt는 버리고 진폭과 나머지 위상 ϕ만 $E_0e^{j\phi}$로 옮기면 된다. z 항의 부호와 계수는 원식 그대로 유지한다.

암기 포인트

페이저는 시간항을 뺀 복소진폭이다. $E_0\cos(\omega t+\phi)\rightarrow\tilde{E}=E_0e^{j\phi}$이다.

NoteBase

문 4. 자유공간의 폐곡면 S 내부에 점전하 $Q_1 = 30[\mathrm{nC}]$, $Q_2 = -170[\mathrm{nC}]$, $Q_3 = 10[\mathrm{nC}]$가 있을 때, S를 통과하는 전기선속(Electric flux) Φ_E의 값은? (단, ε_0는 자유공간에서의 유전율이다.)

① $\frac{-110 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}[\mathrm{V \cdot m}]$
② $\frac{-130 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}[\mathrm{V \cdot m}]$
③ $\frac{-190 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}[\mathrm{V \cdot m}]$
④ $\frac{-210 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}[\mathrm{V \cdot m}]$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 가우스 법칙 $\Phi_E = Q_{\mathrm{in}}/\varepsilon_0$을 이용해 폐곡면을 지나는 전기선속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $Q_1 = 30\mathrm{nC}$, $Q_2 = -170\mathrm{nC}$, $Q_3 = 10\mathrm{nC}$이다.
구해야 할 값은 폐곡면 S를 통과하는 전기선속 Φ_E이다.
주의할 조건은 자유공간의 폐곡면 내부 총전하를 부호까지 포함해 대수합한다는 점이다.

사용할 공식

가우스 법칙은 $\Phi_E = \frac{Q_{\mathrm{in}}}{\varepsilon_0}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 폐곡면을 지나는 총 전기선속이 그 폐곡면 내부에 포함된 총전하에만 비례하기 때문이다.

계산 과정

1. 폐곡면 내부 총전하를 합하면 $Q_{\mathrm{in}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 30 - 170 + 10 = -130\mathrm{nC}$ 이다.
2. 이를 쿨롱으로 쓰면 $-130 \times 10^{-9}\mathrm{C}$이다.
3. 가우스 법칙에 대입하면 $\Phi_E = \frac{Q_{\mathrm{in}}}{\varepsilon_0} = \frac{-130 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}$ 이고, 단위는 $\mathrm{V \cdot m}$이다.

선지 판단

① X. 계산 결과는 $\frac{-110 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}$가 아니라 $\frac{-130 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}$이다. 이 값은 총전하를 잘못 합산한 결과이며, 올바르게는 전기선속이 $\frac{-130 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}$이다.
② O. 계산 결과 $\frac{-130 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}$와 정확히 일치하므로 옳다.
③ X. 계산 결과보다 음의 크기가 더 크므로 틀리다. 전하의 대수합이 $-190\mathrm{nC}$가 되는 것이 아니며, 올바르게는 전기선속이 $\frac{-130 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}$이다.
④ X. 계산 결과보다 80\,\mathrm{nC}만큼 더 작은 값이므로 틀리다. Q_2의 음전하를 과대 반영한 오답이며, 올바르게는 전기선속이 $\frac{-130 \times 10^{-9}}{\varepsilon_0}$이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 전하의 크기만 더하는 것이 아니라 부호를 포함해 대수합해야 한다는 점이다. 특히 $Q_2 = -170\text{nC}$의 음부호를 놓치거나 합산을 서두르면 다른 오답 선지가 쉽게 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

폐곡면의 전기선속 문제는 먼저 내부 전하만 추린 뒤 부호를 살려 총전하를 구하고, 그다음 $\Phi_E = Q_{\text{in}}/\varepsilon_0$를 적용하면 된다. 음전하는 반드시 음수로 더해 판단한다.

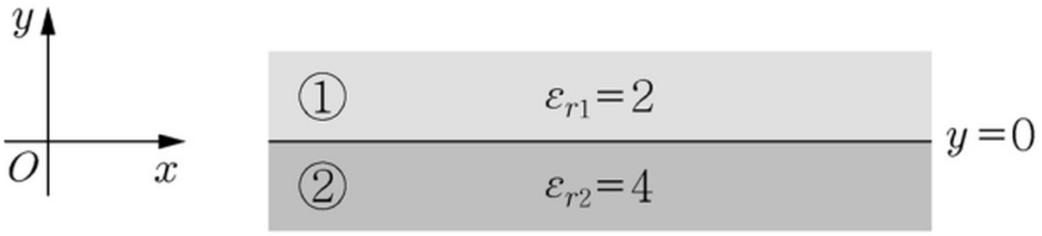
암기 포인트

가우스 법칙의 핵심은 '폐곡면 전기선속 = 내부 총전하 / ε_0'이라는 점이다.

NoteBase

문 5. <보기>와 같이 $y = 0[m]$를 기준으로 분리된 두 개의 유전체에서 유전체 ①의 전속밀도가 $\vec{D}_1 = 8\vec{a}_x - 3\vec{a}_y[C/m^2]$일 때, 유전체 ②의 전계 $\vec{E}_2$는? (단, 경계면에 자유전하는 존재하지 않는다.)

<보기>



① $\frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x - \frac{3}{2\varepsilon_0}\vec{a}_y[V/m]$
② $\frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x - \frac{3}{4\varepsilon_0}\vec{a}_y[V/m]$
③ $\frac{2}{\varepsilon_0}\vec{a}_x - \frac{3}{2\varepsilon_0}\vec{a}_y[V/m]$
④ $\frac{2}{\varepsilon_0}\vec{a}_x - \frac{3}{4\varepsilon_0}\vec{a}_y[V/m]$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 유전체 경계면에서 자유전하가 없을 때 접선 방향 전계는 연속이고 법선 방향 전속밀도는 연속이라는 경계조건으로 유전체 ②의 전계를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 유전체 ①의 전속밀도는 $\vec{D}_1 = 8\vec{a}_x - 3\vec{a}_y[C/m^2]$이다.
유전율: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_0$, $\varepsilon_2 = 4\varepsilon_0$이다.
경계면: $y = 0$이므로 법선 방향은 $\vec{a}_y$, 접선 방향은 $\vec{a}_x$이다.
주의할 조건: 경계면에 자유전하가 없으므로 $D_{1n} = D_{2n}$, $E_{1t} = E_{2t}$를 사용한다.

사용할 공식

유전체 내부에서는 $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$이므로 $\vec{E} = \vec{D}/\varepsilon$이다.
경계조건은 $E_{1t} = E_{2t}$, $D_{1n} = D_{2n}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 한 유전체의 $\vec{D}_1$와 두 매질의 상대유전율을 주고 다른 유전체의 $\vec{E}_2$를 묻고 있으므로, 먼저 유전체 ①의 $\vec{E}_1$를 구한 뒤 접선 성분과 법선 성분의 경계조건을 각각 적용해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 유전체 ①의 전계를 구하면
$\vec{E}_1 = \frac{\vec{D}_1}{\varepsilon_1} = \frac{8\vec{a}_x - 3\vec{a}_y}{2\varepsilon_0} = \frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x - \frac{3}{2\varepsilon_0}\vec{a}_y$
이다.
2. 접선 방향은 x성분이므로 $E_{2x} = E_{1x} = \frac{4}{\varepsilon_0}$이다.
3. 법선 방향은 y성분이므로 자유전하가 없을 때 $D_{2y} = D_{1y} = -3$이다.
4. 따라서
$E_{2y} = \frac{D_{2y}}{\varepsilon_2} = \frac{-3}{4\varepsilon_0}$
이다.
5. 최종적으로
$\vec{E}_2 = \frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x - \frac{3}{4\varepsilon_0}\vec{a}_y$
이므로 정답은 2번이다.

선지 판단

1번: X
x성분 $\frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x$는 맞지만, y성분을 $-\frac{3}{2\varepsilon_0}\vec{a}_y$로 둔 것이 틀리다. 법선 방향에서는 D_y가 연속이지 E_y가 연속이 아니므로, 틀린 표현은 $-\frac{3}{2\varepsilon_0}\vec{a}_y$이고 올바르게는 $-\frac{3}{4\varepsilon_0}\vec{a}_y$이다.
2번: O
접선 방향 전계는 연속이므로 $E_{2x} = \frac{4}{\varepsilon_0}$, 법선 방향 전속밀도는 연속이므로 $E_{2y} = -\frac{3}{4\varepsilon_0}$가 되어 $\vec{E}_2 = \frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x - \frac{3}{4\varepsilon_0}\vec{a}_y$가 맞다.
3번: X
y성분 $-\frac{3}{2\varepsilon_0}\vec{a}_y$도 틀리고, x성분을 $\frac{2}{\varepsilon_0}\vec{a}_x$로 반으로 줄인 것도 틀리다. 접선 방향에서는 E_x가 그대로 유지되므로 틀린 표현은 $\frac{2}{\varepsilon_0}\vec{a}_x$이고 올바르게는 $\frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x$이다. 또한 y성분도 올바르게는 $-\frac{3}{4\varepsilon_0}\vec{a}_y$이다.
4번: X
y성분 $-\frac{3}{4\varepsilon_0}\vec{a}_y$는 맞지만, x성분을 $\frac{2}{\varepsilon_0}\vec{a}_x$로 둔 것이 틀리다. 접선 방향 전계는 유전율이 달라도 연속이므로 틀린 표현은 $\frac{2}{\varepsilon_0}\vec{a}_x$이고 올바르게는 $\frac{4}{\varepsilon_0}\vec{a}_x$이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 y성분에서도 전계가 연속이라고 착각하는 점이다. 이 문항은 법선 방향에서는 D_n이 연속이고 접선 방향에서는 E_t가 연속이라는 경계조건을 구분해야 한다. 1번은 E_y를 그대로 둔 오답이고, 3번과 4번은 접선 성분 E_x까지 유전율 비율로 나눈 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유전체 경계 문제는 먼저 경계면의 법선 방향과 접선 방향을 나눈다. 그다음 $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$로 주어진 매질의 전계나 전속밀도를 구하고, 자유전하가 없으면 D_n 연속, E_t 연속을 각각 적용하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

유전체 경계의 기본은 D_n 연속, E_t 연속이다.

NoteBase

문 6. 자속밀도 $\vec{B} = 3xy^2\vec{a}_z[T]$일 때, xy평면 위의 $0 \le x \le 1, 0 \le y \le 1$을 관통하는 자속의 크기는?

① 0.1 [Wb]

② 0.3 [Wb]

③ 0.5 [Wb]

④ 0.7 [Wb]

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 xy평면을 지나는 자속을 $\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$로 적분해 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 자속밀도는 $\vec{B} = 3xy^2\vec{a_z}[T]$이다.
면은 $z = 0$인 xy평면이고 범위는 $0 \le x \le 1, 0 \le y \le 1$이다.
구해야 할 값은 이 면을 관통하는 자속의 크기이다.
면의 법선이 $\vec{a_z}$ 방향이므로 $\vec{B} \cdot d\vec{S} = 3xy^2dxdy$가 된다.

사용할 공식

자속은
$\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$
로 구한다.
이 문제의 자속밀도는 $\vec{a_z}$ 방향이고 면도 xy평면이므로, 벡터 내적을 하면 성분이 그대로 남아 면적 적분으로 계산할 수 있다.

계산 과정

자속은
$\Phi = \int_0^1 \int_0^1 3xy^2 dxdy$
이다.
먼저 x에 대해 적분하면
$\int_0^1 3xy^2 dx = \frac{3}{2}y^2$
이다.
다음으로 y에 대해 적분하면
$\Phi = \int_0^1 \frac{3}{2}y^2 dy = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{2}[Wb]$
이다.
따라서 자속의 크기는 $0.5[Wb]$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
적분 결과가 0.5[Wb]이므로 0.1[Wb]는 맞지 않는다.
틀린 표현은 "자속이 0.1 [Wb]"라는 값이다. 올바르게는 "자속은 0.5 [Wb]"이다.

② X
자속은 $\frac{1}{2}$[Wb]로 계산되므로 0.3[Wb]는 정적분 결과와 다르다.
틀린 표현은 "자속이 0.3 [Wb]"라는 값이다. 올바르게는 "자속은 0.5 [Wb]"이다.

③ O
$\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$에 따라 적분하면 $\Phi = 0.5[Wb]$가 된다.
따라서 ③의 "0.5 [Wb]"가 옳다.

④ X
0.7[Wb]가 되려면 적분값이 $\frac{7}{10}$이어야 하지만 실제 계산값은 $\frac{1}{2}$이다.
틀린 표현은 "자속이 0.7 [Wb]"라는 값이다. 올바르게는 "자속은 0.5 [Wb]"이다.

오답 포인트

자속 문제에서 $\vec{B} \cdot d\vec{S}$를 먼저 확인하지 않고 면적만 곱하거나, $\int_0^1 y^2 dy = \frac{1}{3}$을 놓치면 오답이 된다. 이 문항은 벡터 방향이 면의 법선과 일치한다는 점과 정적분 값을 끝까지 계산하는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

자속 계산형은 먼저 면의 법선 방향을 확인하고 $\vec{B} \cdot d\vec{S}$를 스칼라 적분식으로 바꾼 뒤, 주어진 범위에 따라 변수를 차례로 적분해 최종 단위를 [Wb]로 확인하면 된다.

암기 포인트

자속은 $\Phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$이고, xy평면에서는 $d\vec{S} = \vec{a_z} dxdy$이다.

NoteBase

문 7. 직각 좌표계의 점 $P_1(x, y, z) = (1, 0, 0)$에서 정의된 벡터 $\vec{A} = 3\vec{a}_x - 3\vec{a}_y$를 원통 좌표계로 가장 바르게 변환한 것은?

① $3(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$

② $3\sqrt{2}(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$

③ $3(\vec{a}_\rho + \vec{a}_\phi)$

④ $3\sqrt{2}(\vec{a}_\rho + \vec{a}_\phi)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직각좌표계 벡터를 원통좌표계 단위벡터로 바꾸는 관계식과, 점 $P_1 = (1, 0, 0)$에서의 각도 ϕ를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 벡터는 $\vec{A} = 3\vec{a}_x - 3\vec{a}_y$이다.
점 $P_1 = (1, 0, 0)$는 원통좌표로 $\rho = 1, \phi = 0, z = 0$에 해당한다.
따라서 이 점에서는 $\vec{a}_x = \vec{a}_\rho, \vec{a}_y = \vec{a}_\phi$가 된다.

사용할 공식

직각좌표와 원통좌표의 단위벡터 관계는 $\vec{a}_x = \cos\phi\vec{a}_\rho - \sin\phi\vec{a}_\phi, \vec{a}_y = \sin\phi\vec{a}_\rho + \cos\phi\vec{a}_\phi$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 직각좌표 성분으로 주어진 벡터를 원통좌표 단위벡터 $\vec{a}_\rho, \vec{a}_\phi$로 바꾸라고 했기 때문이다.

계산 과정

1. 점 $P_1 = (1, 0, 0)$에서는 $\phi = 0$이므로 $\cos\phi = 1, \sin\phi = 0$이다.
2. 따라서 $\vec{a}_x = \vec{a}_\rho, \vec{a}_y = \vec{a}_\phi$가 된다.
3. 이를 대입하면 $\vec{A} = 3\vec{a}_x - 3\vec{a}_y = 3\vec{a}_\rho - 3\vec{a}_\phi = 3(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 그대로 $3(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$이므로 옳다.
② X: 2가 추가되어 벡터의 크기를 잘못 키운 표현이다. 3과 -3의 직각 성분 크기에서 32를 떠올릴 수는 있지만, 그 경우 방향벡터도 함께 정규화되어야 한다. 틀린 표현은 "32"이고, 올바르게는 $3(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$이다.
③ X: $\vec{a}_\phi$의 부호가 잘못되었다. 원래 벡터는 $-3\vec{a}_y$이므로 원통좌표에서도 $-3\vec{a}_\phi$가 되어야 한다. 틀린 표현은 "$+\vec{a}_\phi$"이고, 올바르게는 $3(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$이다.
④ X: 2를 붙여 크기를 잘못 잡았고, $\vec{a}_\phi$의 부호도 반대로 썼다. 틀린 표현은 "32"와 "$+\vec{a}_\phi$"이고, 올바르게는 $3(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 성분 $3,\ -3$만 보고 벡터 크기 32를 그대로 계수로 옮기는 실수와, $\vec{a}_y$가 $\phi = 0$에서 $\vec{a}_\phi$와 같은 방향이라는 점을 놓쳐 부호를 $+$로 바꾸는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

좌표변환 문제는 먼저 해당 점의 각도 ϕ를 정하고, 그 점에서 각 단위벡터가 어느 축과 일치하는지 확인한 뒤 원래 벡터 성분을 그대로 대입해 판단한다.

암기 포인트

$\phi = 0$에서는 $\vec{a}_\rho = \vec{a}_x$, $\vec{a}_\phi = \vec{a}_y$이므로 $3\vec{a}_x - 3\vec{a}_y \rightarrow 3(\vec{a}_\rho - \vec{a}_\phi)$이다.

NoteBase

문 8. 자유공간의 z축상에 있는 무한히 긴 균일 선전하로부터 $3[m]$ 거리에 있는 점에서 전계의 세기가 $1.8 \times 10^4[V/m]$일 때, 선전하 밀도의 크기는? (단, 자유공간에서의 유전율 $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}[F/m]$이다.)

① $2[\mu C/m]$

② $3[\mu C/m]$

③ $4[\mu C/m]$

④ $5[\mu C/m]$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 무한 직선 선전하의 전계 공식으로 선전하 밀도 λ를 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 거리 $r = 3m$, 전계의 세기 $E = 1.8 \times 10^4 V/m$, 자유공간 유전율 $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} F/m$이다.
구해야 할 값: 선전하 밀도 λ이다.
주의할 조건: 무한히 긴 균일 선전하이므로 점전하 공식이 아니라 직선 선전하 공식을 써야 한다.

사용할 공식

무한 직선 선전하에서 거리 r 떨어진 점의 전계는 $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제의 전하는 z축을 따라 무한히 길게 분포한 균일 선전하이므로 원통대칭 전계식을 적용하는 상황이다.

계산 과정

공식을 λ에 대해 정리하면 $\lambda = E \cdot 2\pi\varepsilon_0 r$ 이다.
여기에 값을 대입하면 $\lambda = 1.8 \times 10^4 \times 2\pi \times \left(\frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}\right) \times 3$ 이다.
$2\pi \times \frac{1}{36\pi} = \frac{1}{18}$ 이므로 $\lambda = 1.8 \times 10^4 \times \frac{1}{18} \times 3 \times 10^{-9} = 1.8 \times 10^4 \times \frac{1}{6} \times 10^{-9}$ 이다.
따라서 $\lambda = 3 \times 10^{-6} C/m = 3\mu C/m$ 이다.

선지별 해설

① X: ①의 "$2[\mu C/m]$"는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 "$3[\mu C/m]$"이다.
② O: 계산 결과가 정확히 $3\mu C/m$이므로 옳다.
③ X: ③의 "$4[\mu C/m]$"는 계산 결과보다 크다. 올바르게는 "$3[\mu C/m]$"이다.
④ X: ④의 "$5[\mu C/m]$"는 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 "$3[\mu C/m]$"이다.

NoteBase

오답 포인트

무한 직선 선전하를 점전하처럼 보고 $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$를 적용하면 식 자체가 틀어진다. 또 ε_0의 π와 전계식의 2π를 약분하는 과정, 그리고 최종 단위를 C/m에서 $\mu C/m$로 읽는 과정에서 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

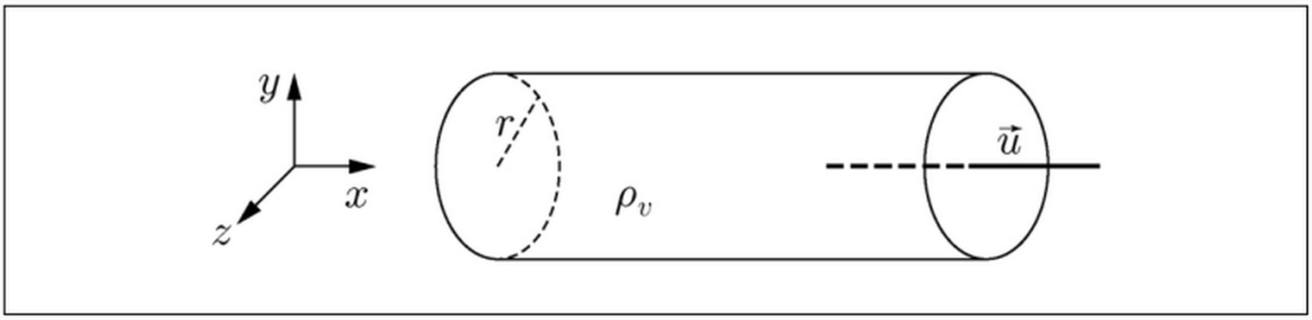
선전하, 원통대칭, 무한히 긴 분포가 보이면 먼저 직선 선전하 공식 $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$를 떠올린다. 그다음 λ를 고립시키고 π 약분과 지수 계산을 끝까지 점검하면 된다.

암기 포인트

무한 선전하 전계는 $E \propto \frac{1}{r}$이고, 직선 선전하 공식은 $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$이다.

NoteBase

문 9. 반지름 $r = 1[\mathrm{mm}]$인 원통이 x축 방향으로 놓여 있다. 원통 내부를 채우고 있는 전하밀도 $\rho_v = 4[\mathrm{mC/m^3}]$의 전하가 $\vec{u} = 10{,}000\vec{a}_x[\mathrm{m/s}]$의 속도로 이동할 때, 원통의 단면을 통과하는 전류의 크기는?



① $40\pi[\mu\mathrm{A}]$

② $40{,}000\pi[\mu\mathrm{A}]$

③ $4\pi \times 10^{-5}[\mu\mathrm{A}]$

④ $4\pi[\mu\mathrm{A}]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이동하는 체적전하가 단면을 통과할 때의 전류를 $I = \rho_v uA$로 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 반지름 $r = 1mm = 10^{-3}m$, 체적전하밀도 $\rho_v = 4mC/m^3 = 4 \times 10^{-3}C/m^3$, 속도 $u = 10{,}000m/s$이다.
구해야 할 값은 원통의 단면을 통과하는 전류 I이다.

사용할 공식

전류는 단위시간당 단면을 통과하는 전하량이므로 $I = \rho_v uA$이다.
여기서 $A = \pi r^2$는 원통 단면적이다. 원통 내부 전하가 x축 방향 속도 u로 이동하므로 단면을 지나는 전하량을 이 식으로 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

단면적은 $A = \pi r^2 = \pi(10^{-3})^2 = \pi \times 10^{-6} m^2$이다.
따라서
$I = \rho_v u A = (4 \times 10^{-3})(10^4)(\pi \times 10^{-6}) = 4\pi \times 10^{-5} A$
이다.
이를 μA로 바꾸면 $4\pi \times 10^{-5} \times 10^6 = 40\pi\mu A$이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 $40\pi\mu A$이므로 맞다.
2번 X: $40{,}000\pi\mu A$는 $\rho_v = 4mC/m^3$를 $4C/m^3$로 잘못 본 값이다. 올바르게는 $40\pi\mu A$이다.
3번 X: $4\pi \times 10^{-5}\mu A$는 계산 결과 $4\pi \times 10^{-5} A$를 μA로 변환하지 않고 단위만 바꿔 적은 값이다. 올바르게는 $40\pi\mu A$이다.
4번 X: $4\pi\mu A$는 속도 $10{,}000m/s$를 $1{,}000m/s$처럼 한 자리 작게 보거나 0 하나를 빠뜨렸을 때 나오는 값이다. 올바르게는 $40\pi\mu A$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 $mC \to C$, $mm \to m$, $A \to \mu A$ 변환을 한 번에 처리하다가 10의 지수를 틀리는 데 있다. 특히 3번은 계산값은 맞고 단위 변환만 틀린 전형적인 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이동 전하 전류 문제는 ρ_v, u, A를 먼저 SI 단위로 바꾼 뒤 $I = \rho_v u A$에 대입하고, 마지막에 요구 단위로 다시 변환하는 순서로 판단하면 된다.

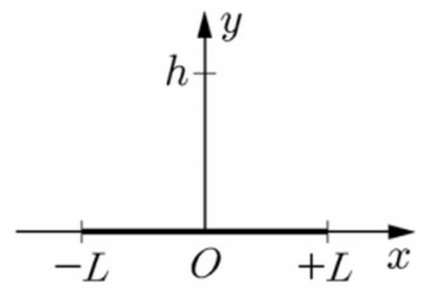
암기 포인트

체적전하가 단면을 지나면 전류는 $I = \rho_v u A$이며, 반지름이 주어지면 먼저 $A = \pi r^2$를 만든다.

NoteBase

문 10. <보기>와 같이 자유공간에 있는 길이 $2L$[m]인 도선 토막에 선전하 밀도 λ[C/m]인 전하가 고르게 분포되어 있을 때, 도선의 원점 O에서 위쪽으로 h[m]인 곳의 전계의 세기는? (단, ε_0는 자유공간에서의 유전율이다.)

<보기>



① $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$[V/m]
② $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$[V/m]
③ $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda^2 L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$[V/m]
④ $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L^2}{h\sqrt{h^2+L^2}}$[V/m]

정답 1번

출제 포인트

유한 길이 선전하가 만드는 전계에서 좌우 대칭으로 x성분은 상쇄되고, y성분만 적분해 전계의 세기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $x=-L$부터 $x=+L$까지 길이 $2L$인 도선에 선전하밀도 λ가 균일하게 분포한다.
구해야 할 값: 점 $(0,h)$에서의 전계 세기 E이다.
주의할 조건: 대칭인 두 위치에서 오는 수평 성분은 서로 상쇄되고 수직 성분만 더해진다.

사용할 공식

미소전하 $dq=\lambda dx$가 만드는 전계의 크기는 $dE=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{r^2}$이다.
여기서 $r=\sqrt{x^2+h^2}$이므로 필요한 수직 성분은 $dE_y=dE\frac{h}{r}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda h dx}{(x^2+h^2)^{3/2}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 물음이 중심축 위 점의 전계 세기이므로 각 미소전하가 만드는 전계의 수직 성분만 합하면 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 대칭성으로 $E_x = 0$이고 전체 전계는 y방향 성분만 남는다.
2. 따라서
$E = \int_{-L}^{L} dE_y = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_{-L}^{L} \frac{\lambda h dx}{(x^2+h^2)^{3/2}}$
이다.
3. 적분하면
$\int \frac{dx}{(x^2+h^2)^{3/2}} = \frac{x}{h^2\sqrt{x^2+h^2}}$
이므로
$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\lambda h\left[\frac{x}{h^2\sqrt{x^2+h^2}}\right]_{-L}^{L} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\lambda h \cdot \frac{2L}{h^2\sqrt{h^2+L^2}} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$
이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$와 정확히 일치하므로 옳다.
② X: $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$는 대칭인 양쪽 선전하 중 한쪽만 반영한 값이다. 좌우 수직 성분이 합쳐져 2배가 되어야 하므로 올바르게는 $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$이다.
③ X: 틀린 표현은 분자 $\lambda^2 L$이다. 전계는 선전하밀도 λ에 1차 비례하므로 λ^2가 아니라 λ가 들어가야 한다. 올바르게는 $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$이다.
④ X: 틀린 표현은 분자 λL^2이다. 적분 뒤에는 L이 $\sqrt{h^2+L^2}$와 함께 비율 형태로 남으므로 분자에 L^2가 남지 않는다. 올바르게는 $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda L}{h\sqrt{h^2+L^2}}$이다.

오답 포인트

쿨롱상수의 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$만 보고 대칭으로 생기는 2배를 빠뜨리기 쉽다. 또 $dq = \lambda dx$에 이미 길이 요소가 들어 있는데도 분자에 L이나 λ를 한 번 더 곱해 L^2, λ^2 꼴로 오답을 만들기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

유한 선전하 전계 문제는 먼저 대칭으로 사라지는 성분을 정리하고, 다음에 $dq = \lambda dx$를 둔 뒤, 필요한 성분만 적분하고, 마지막에 결과가 전계 차원 V/m에 맞는지 검산하면 된다.

암기 포인트

중심축 위 유한 선전하 전계는 수평 성분 상쇄, 수직 성분 합산, $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$에 대칭 2배가 핵심이다.

NoteBase

문 11. 점 $A(x, y, z) = (4, -2, 1)$에서 원점으로 향하는 단위 벡터로 가장 옳은 것은?

① $-4\vec{a}_x + 2\vec{a}_y - 1\vec{a}_z$

② $4\vec{a}_x - 2\vec{a}_y + 1\vec{a}_z$

③ $-\frac{4}{\sqrt{21}}\vec{a}_x + \frac{2}{\sqrt{21}}\vec{a}_y - \frac{1}{\sqrt{21}}\vec{a}_z$

④ $\frac{4}{\sqrt{21}}\vec{a}_x - \frac{2}{\sqrt{21}}\vec{a}_y - \frac{1}{\sqrt{21}}\vec{a}_z$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 점 $A(4, -2, 1)$에서 원점으로 향하는 방향벡터를 구한 뒤, 그 벡터를 크기 1로 정규화하여 단위벡터를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 점은 $A(4, -2, 1)$이다.
구해야 할 값은 점 A에서 원점 $O(0, 0, 0)$으로 향하는 단위벡터이다.
주의할 조건은 방향이 $O - A$인지 $A - O$인지 먼저 구분하고, 마지막에 반드시 크기 1로 나누어야 한다는 점이다.

사용할 공식

방향벡터는 $\vec{AO} = O - A$로 구하고, 단위벡터는 $\hat{u} = \frac{\vec{v}}{|\vec{v}|}$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 단순한 방향벡터가 아니라 원점으로 향하는 단위벡터를 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

1. 점 A에서 원점으로 향하는 벡터는 $\vec{AO} = (0-4,\ 0-(-2),\ 0-1) = (-4, 2, -1)$이다.
2. 이 벡터의 크기는 $|\vec{AO}| = \sqrt{(-4)^2 + 2^2 + (-1)^2} = \sqrt{16+4+1} = \sqrt{21}$이다.
3. 따라서 단위벡터는 $\frac{\vec{AO}}{|\vec{AO}|} = -\frac{4}{\sqrt{21}}\vec{a_x} + \frac{2}{\sqrt{21}}\vec{a_y} - \frac{1}{\sqrt{21}}\vec{a_z}$이다.

선지별 해설

① X: $-4\vec{a_x} + 2\vec{a_y} - \vec{a_z}$는 원점 방향의 방향벡터 자체는 맞지만 크기가 $\sqrt{21}$이므로 단위벡터가 아니다. 틀린 표현은 정규화가 빠진 점이고, 올바르게는 각 성분을 $\sqrt{21}$로 나눈 $-\frac{4}{\sqrt{21}}\vec{a_x} + \frac{2}{\sqrt{21}}\vec{a_y} - \frac{1}{\sqrt{21}}\vec{a_z}$이다.
② X: $4\vec{a_x} - 2\vec{a_y} + \vec{a_z}$는 $A - O$ 방향이라서 원점에서 점 A로 향하는 반대방향 벡터이고, 크기 1도 아니다. 틀린 표현은 방향과 정규화가 모두 잘못된 점이며, 올바르게는 $O - A$를 구한 뒤 $\sqrt{21}$로 나누어야 한다.
③ O: $-\frac{4}{\sqrt{21}}\vec{a_x} + \frac{2}{\sqrt{21}}\vec{a_y} - \frac{1}{\sqrt{21}}\vec{a_z}$는 $O - A$ 방향을 정확히 반영했고 크기도 1이므로 원점으로 향하는 단위벡터가 맞다.
④ X: $\frac{4}{\sqrt{21}}\vec{a_x} - \frac{2}{\sqrt{21}}\vec{a_y} + \frac{1}{\sqrt{21}}\vec{a_z}$는 크기 1인 점은 맞지만 방향이 원점에서 A로 향하는 쪽이다. 틀린 표현은 부호가 모두 반대인 점이고, 올바르게는 전체 부호를 바꾼 ③의 형태가 된다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 방향벡터와 단위벡터를 구분하지 못하거나, $O-A$와 $A-O$의 순서를 뒤집는 데 있다. ①은 방향은 맞지만 정규화가 빠진 오답이고, ④는 정규화는 맞지만 방향이 반대인 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

좌표에서 좌표로 향하는 벡터 문제는 출발점과 도착점을 먼저 정한 뒤 도착점-출발점 순서로 방향벡터를 만든다. 그다음 크기를 구해 나누면 단위벡터 여부를 바로 판단할 수 있다.

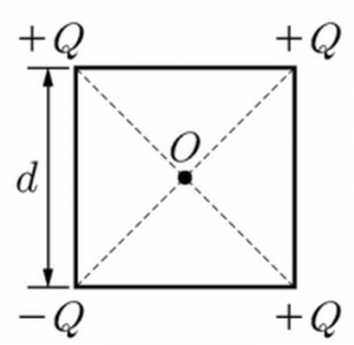
암기 포인트

단위벡터는 방향벡터를 그대로 쓰지 않고 방향벡터크기로 정규화한 벡터이다.

NoteBase

문 12. 자유공간에서 한 변의 길이가 $d[m]$인 정사각형의 꼭짓점에 <보기>와 같이 $Q[C]$와 $-Q[C]$의 전하가 놓여 있을 때, 정사각형의 중심 O에서 전위의 크기는? (단, ε_0는 자유공간에서의 유전율이다.)

<보기>



① $\frac{\sqrt{2}Q}{\pi d\varepsilon_0}[V]$
② $\frac{Q}{\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}[V]$
③ $\frac{2\sqrt{2}Q}{\pi d\varepsilon_0}[V]$
④ $\frac{Q}{2\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}[V]$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점전하의 전위 공식을 이용해 정사각형 중심에서의 전위를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 한 변의 길이가 d인 정사각형의 네 꼭짓점에 $+Q$, $+Q$, $-Q$, $+Q$가 놓여 있다.
구해야 할 값: 중심 O에서의 전위이다.
주의할 조건: 중심에서 각 꼭짓점까지의 거리는 모두 같고, 전위는 전기장과 달리 스칼라량이므로 대수합으로 더한다.

사용할 공식

점전하 q가 거리 r에 만드는 전위는 $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$이다.
여러 전하가 있으면 전위는 스칼라이므로 $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum\frac{q_i}{r_i}$로 합한다.
이 공식을 쓰는 이유는 네 전하가 모두 점전하이고, 중심 O에서 각 꼭짓점까지의 거리 r_i가 동일하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

정사각형 중심에서 꼭짓점까지의 거리는 대각선의 절반이므로
$r = \frac{d\sqrt{2}}{2} = \frac{d}{\sqrt{2}}$
이다.
따라서 중심에서의 전위는
$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{r} + \frac{Q}{r} + \frac{-Q}{r} + \frac{Q}{r}\right) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2Q}{r}$
이다.
여기에 $r = \frac{d}{\sqrt{2}}$를 대입하면
$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2Q}{d/\sqrt{2}} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2\sqrt{2}Q}{d} = \frac{\sqrt{2}Q}{2\pi d\varepsilon_0} = \frac{Q}{\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}$
이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $\frac{Q}{\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}$인데, ①은 $\frac{\sqrt{2}Q}{\pi d\varepsilon_0}$로 정답의 2배이다. $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$의 계수를 처리하는 과정에서 2를 한 번 더 곱한 값에 해당한다. 올바르게는 $\frac{Q}{\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}$이다.
② O: 네 전하가 중심까지 같은 거리 $\frac{d}{\sqrt{2}}$에 있으므로 전위는 전하량의 대수합 $2Q$만 남는다. 계산하면 $V = \frac{Q}{\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}$가 되어 ②가 옳다.
③ X: ③의 $\frac{2\sqrt{2}Q}{\pi d\varepsilon_0}$는 정답의 4배이다. 네 전하를 모두 $+Q$로 보거나 쿨롱상수의 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$를 빠뜨릴 때 나올 수 있는 값이다. 올바르게는 음전하 하나를 포함한 대수합 $2Q$를 써서 $\frac{Q}{\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}$이다.
④ X: ④의 $\frac{Q}{2\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}$는 정답의 절반이다. 전하량의 대수합을 $2Q$가 아니라 Q로 잘못 계산한 경우에 해당한다. 올바르게는 $\frac{Q}{\sqrt{2}\pi d\varepsilon_0}$이다.

오답 포인트

전위를 전기장처럼 방향을 가진 벡터합으로 생각하면 안 된다. 이 문항은 네 꼭짓점까지 거리가 모두 같다는 점을 이용해 $\sum q_i = 2Q$만 남기는 문제인데, 음전하의 부호를 빼먹거나 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ 계수를 정리하다가 2를 중복 반영하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

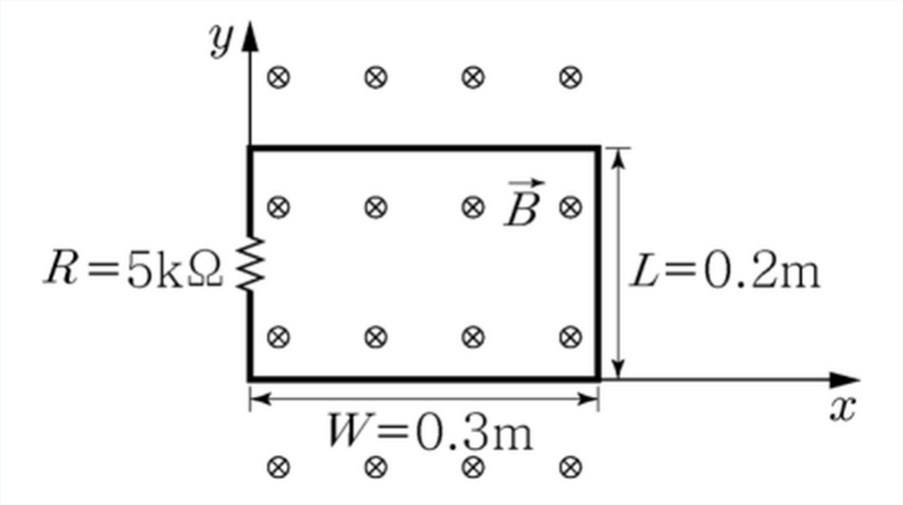
중심이나 대칭점에서 전위를 묻고 각 전하까지 거리가 같으면 먼저 공통거리 r를 묶어 낸다. 그다음 전위는 스칼라합이므로 전하량의 대수합 $\sum q_i$를 계산한 뒤 $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sum q_i}{r}$로 바로 정리하면 된다.

암기 포인트

전위는 스칼라합, 전기장은 벡터합이라는 구분이 핵심이다.

NoteBase

문 13. <보기>와 같이 xy 평면상에 도선과 저항으로 이루어진 폐회로가 놓여 있고, 폐회로에 가해지는 자기장이 시간에 따라 $\vec{B} = 10\sin(10^3 t)\vec{a}_z$[T]로 변화할 때, $t = 2$[ms]에서 폐회로에 흐르는 전류의 크기는?



① 0.06sin(2)[A]

② 0.12sin(2)[A]

③ 0.06cos(2)[A]

④ 0.12cos(2)[A]

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 패러데이 법칙으로 유도기전력을 구한 뒤 저항으로 나누어 폐회로 전류를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $W = 0.3m, L = 0.2m, R = 5k\Omega = 5000\Omega, B(t) = 10\sin(10^3 t)a_z[T]$
구해야 할 값: $t = 2ms = 2 \times 10^{-3}s$에서의 전류
주의할 조건: 자기장은 도선면에 수직이므로 자속은 $\Phi = BS$로 두고, 전류는 B 자체가 아니라 dB/dt에 비례한다.

사용할 공식

사용 공식: $\Phi = BS, \mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}, I = \frac{\mathcal{E}}{R}$
이 공식을 쓰는 이유: 균일한 시간변화 자기장이 직사각형 폐회로를 수직으로 지나가므로 먼저 자속을 구하고, 그 자속의 시간변화율로 유도기전력을 구한 뒤 저항으로 전류를 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 폐회로 면적은 $S = WL = 0.3 \times 0.2 = 0.06m^2$이다.
2. 자속은 $\Phi(t) = BS = 10\sin(10^3 t) \times 0.06 = 0.6\sin(10^3 t)$이다.
3. 유도기전력은 $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} = -0.6 \times 10^3 \cos(10^3 t) = -600\cos(10^3 t)[V]$이다.
4. 전류는 $I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{-600\cos(10^3 t)}{5000} = -0.12\cos(10^3 t)[A]$이다.
5. 따라서 선지에서 비교하는 전류의 수치형태는 $0.12\cos(10^3 t)$이고, $t = 2ms$이면 $10^3 t = 2$이므로 $0.12\cos(2)[A]$에 해당한다.

선지 판단

1번: X. $0.06\sin(2)$는 삼각함수 형태와 계수가 모두 틀렸다. 유도전류는 자속이 아니라 자속의 시간미분에 비례하므로 “sin(2)”가 아니라 “cos(2)”가 되어야 하고, 계수도 0.12가 맞다. 올바르게는 $0.12\cos(2)[A]$이다.
2번: X. $0.12\sin(2)$는 계수는 맞지만 미분을 빠뜨려 삼각함수 형태가 틀렸다. $B = 10\sin(10^3 t)$를 시간미분하면 $\cos(10^3 t)$가 나오므로 올바르게는 $0.12\cos(2)[A]$이다.
3번: X. $0.06\cos(2)$는 삼각함수 형태는 맞지만 계수가 틀렸다. $600/5000 = 0.12$이므로 전류 계수는 0.06이 아니라 0.12이다. 올바르게는 $0.12\cos(2)[A]$이다.
4번: O. 면적 $0.06m^2$, 유도기전력 $600\cos(10^3 t)[V]$, 저항 5000Ω를 적용하면 전류의 수치형태는 $0.12\cos(10^3 t)[A]$가 되고 $t = 2ms$에서 $0.12\cos(2)[A]$가 된다.

오답 포인트

자속 $\Phi = BS$를 구한 뒤 바로 전류로 넘어가면 sin이 그대로 남아 1번이나 2번 쪽으로 오답이 난다. 또 $R = 5k\Omega$를 5000Ω로 바꾸지 않거나, 최종 계수 계산에서 $600/5000 = 0.12$를 놓치면 3번처럼 계수가 줄어든다.

다시 나오면 이렇게 판단

시간변화 자기장 회로 문제는 면적 계산 → 자속 $\Phi = BS$ 작성 → $d\Phi/dt$로 유도기전력 계산 → 저항으로 나누기 → 마지막에 시간 대입 순서로 판단한다. “sin 자기장”이면 미분 후 “cos 전류”가 나온다는 점을 먼저 확인하면 선지가 빠르게 정리된다.

암기 포인트

유도전류는 $I = \frac{1}{R}\frac{d(BS)}{dt}$이고, sin으로 변하는 자기장은 cos형 전류를 만든다.

NoteBase

문 14. 한 변의 길이가 $d[m]$인 정사각형 회로에 전류 $\sqrt{2}[A]$가 반시계 방향으로 흐르고 있을 때 정사각형 중심에서 자계의 세기는?

① $\frac{2}{\pi d}[A/m]$
② $\frac{1}{2\pi d}[A/m]$
③ $\frac{1}{\pi d}[A/m]$
④ $\frac{4}{\pi d}[A/m]$

정답 4번

출제 포인트

정사각형 한 변이 중심에 만드는 자계 세기를 유한 직선도체 공식으로 구한 뒤, 네 변의 기여를 같은 방향으로 합성하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 한 변의 길이 d, 전류 $I = \sqrt{2}[A]$
구해야 할 값: 정사각형 중심의 자계 세기 H
주의할 조건: 중심에서 각 변까지의 수직거리는 $d/2$이고, 각 변의 양 끝이 중심에서 보이는 각은 모두 45°이다.
네 변이 만드는 자계 방향은 모두 도면에 수직인 같은 방향이므로 크기를 단순 합산할 수 있다.

사용할 공식

$H = \frac{I}{4\pi a}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)$
이 문제에서는 정사각형의 각 변이 중심에서 보면 길이 d인 유한 직선도체 한 개에 해당하므로 이 공식을 사용한다. 여기서 $a = d/2$, $\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$이다.

계산 과정

1. 한 변이 중심에 만드는 자계 세기를 구하면
$H_1 = \frac{I}{4\pi(d/2)}(\sin 45^\circ + \sin 45^\circ)$
2. $\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$이므로
$H_1 = \frac{I}{2\pi d} \cdot \sqrt{2}$
3. 전류 $I = \sqrt{2}$를 대입하면
$H_1 = \frac{\sqrt{2}}{2\pi d} \cdot \sqrt{2} = \frac{1}{\pi d}[A/m]$
4. 네 변이 같은 방향으로 기여하므로 전체 자계 세기는
$H = 4H_1 = \frac{4}{\pi d}[A/m]$

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{2}{\pi d}[A/m]$는 전체 네 변이 아니라 두 변만 합한 값에 해당한다. 틀린 값 $\frac{2}{\pi d}$ → 올바르게는 네 변을 모두 더한 $\frac{4}{\pi d}$이다.
② X: $\frac{1}{2\pi d}[A/m]$는 한 변 계산에서 $\sin 45^\circ + \sin 45^\circ$를 반영하지 않거나 거리 $a = d/2$ 대입을 잘못한 값이다. 틀린 값 $\frac{1}{2\pi d}$ → 올바르게는 전체 자계 세기 $\frac{4}{\pi d}$이다.
③ X: $\frac{1}{\pi d}[A/m]$는 한 변이 만드는 자계 세기 H_1만 구한 값이다. 틀린 값 $\frac{1}{\pi d}$ → 올바르게는 네 변 합성 결과인 $\frac{4}{\pi d}$이다.
④ O: 한 변당 $\frac{1}{\pi d}[A/m]$이고 네 변이 같은 방향으로 더해지므로 전체는 $\frac{4}{\pi d}[A/m]$가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 한 변의 자계 세기와 전체 회로의 자계 세기를 구분하지 않는 데 있다. 특히 ③처럼 한 변 값 $\frac{1}{\pi d}$에서 멈추거나, ①처럼 일부 변만 더하면 오답이 된다. 또 중심까지 거리 $d/2$와 끝각 45°를 동시에 반영해야 하는데 이 둘 중 하나를 빠뜨리면 ② 같은 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

정사각형이나 다각형 회로 중심 자계 문제는 먼저 한 변을 유한 직선도체로 보고 a, θ_1, θ_2를 정한 뒤 한 변의 값을 구한다. 그다음 대칭인 변들이 중심에서 만드는 자계 방향이 같은지 확인하고 개수만큼 합산하면 된다.

암기 포인트

정사각형 중심 자계는 한 변 계산 후 대칭 개수만큼 합산한다. 이 문항에서는 한 변 $\frac{1}{\pi d}$, 전체 네 변 $\frac{4}{\pi d}$이다.

NoteBase

문 15. 자유공간에서 고유임피던스가 $120\pi[\Omega]$일 때, $\varepsilon_r = 8$, $\mu_r = 2$인 어떤 무손실 매질 내에서 $+\vec{a}_z$ 방향으로 진행하는 균일 평면파의 전계 $\vec{E} = 10\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_x[V/m]$이면, 자계 $\vec{H}$는?

① $\frac{1}{6\pi}\sin(\omega t - \beta z)\vec{a}_y[A/m]$

② $\frac{1}{6\pi}\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_y[A/m]$

③ $\frac{1}{12\pi}\sin(\omega t - \beta z)\vec{a}_y[A/m]$

④ $\frac{1}{12\pi}\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_y[A/m]$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 무손실 매질의 고유임피던스와 $\vec{E}$, $\vec{H}$, 진행방향의 직교 관계를 이용해 자계 $\vec{H}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 자유공간 고유임피던스 $\eta_0 = 120\pi[\Omega]$, 상대유전율 $\varepsilon_r = 8$, 상대투자율 $\mu_r = 2$, 전계 $\vec{E} = 10\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_x[V/m]$이다.
구해야 할 값은 자계 $\vec{H}$이다.
무손실 매질이므로 $\vec{E}$와 $\vec{H}$는 동상이고, 진행방향은 $+\vec{a}_z$이다.

사용할 공식

매질의 고유임피던스는 $\eta = \sqrt{\mu/\varepsilon} = \eta_0\sqrt{\mu_r/\varepsilon_r}$이다.
평면파의 자계 크기는 $|\vec{H}| = |\vec{E}|/\eta$이다.
진행방향은 $\vec{E} \times \vec{H}$로 결정되므로 $\vec{E} \times \vec{H} = +\vec{a}_z$를 만족해야 한다.
이 공식을 쓰는 이유는 무손실 매질의 균일 평면파에서 전계, 자계, 진행방향이 서로 직교하고 그 비가 고유임피던스로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. 매질의 고유임피던스를 구하면 $\eta = 120\pi\sqrt{2/8} = 120\pi\sqrt{1/4} = 60\pi[\Omega]$이다.
2. 자계의 크기는 $|\vec{H}| = 10/(60\pi) = 1/(6\pi)[A/m]$이다.
3. 진행방향이 $+\vec{a}_z$이고 전계가 $\vec{a}_x$ 방향이므로 $\vec{a}_x \times \vec{a}_y = \vec{a}_z$를 만족하는 자계 방향은 $\vec{a}_y$이다.
4. 무손실 매질에서는 전계와 자계가 동상이므로 시간함수는 sin이 아니라 $\cos(\omega t - \beta z)$ 그대로 유지된다.

따라서 $\vec{H} = \frac{1}{6\pi}\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_y[A/m]$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 크기와 방향은 맞지만 $\sin(\omega t - \beta z)$가 틀린 표현이다. 무손실 매질의 균일 평면파에서는 $\vec{E}$와 $\vec{H}$가 동상이므로 올바르게는 $\frac{1}{6\pi}\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_y$이다.
2번 O: 크기 $1/(6\pi)$, 위상 $\cos(\omega t - \beta z)$, 방향 $\vec{a}_y$가 모두 맞다.
3번 X: $\sin(\omega t - \beta z)$로 위상이 틀렸고, 크기 $1/(12\pi)$도 절반으로 잘못되었다. 올바르게는 $\frac{1}{6\pi}\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_y$이다.
4번 X: $\cos(\omega t - \beta z)$와 $\vec{a}_y$ 방향은 맞지만 크기 $1/(12\pi)$가 틀린 표현이다. 올바르게는 $\frac{1}{6\pi}\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_y$이다.

오답 포인트

상대유전율과 상대투자율을 반영한 매질 고유임피던스를 먼저 구하지 않고 자유공간 값 120π를 그대로 쓰면 크기를 틀리기 쉽다. 또 $\vec{E}$와 $\vec{H}$가 직교한다는 사실만 보고 위상까지 다르다고 착각하면 sin 선지를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평면파 자계 문제는 먼저 $\eta = \eta_0\sqrt{\mu_r/\varepsilon_r}$로 매질 임피던스를 구하고, 다음에 $|\vec{H}| = |\vec{E}|/\eta$로 크기를 정한 뒤, 마지막에 $\vec{E} \times \vec{H}$가 진행방향과 일치하는지로 자계 방향과 위상을 점검하면 된다.

암기 포인트

무손실 평면파는 $\vec{H} = \vec{E}/\eta$, 방향은 $\vec{E} \times \vec{H}$, 위상은 전계와 자계가 동상이다.

NoteBase

문 16. 정전계에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 전하량이 일정하게 고정된 전하에서 발생한 전계이다.

② 전계에너지가 최소로 되는 전하분포의 전계이다.

③ 전계를 선적분$\oint E \cdot dl$한 값은 0이다.

④ 정전계는 비보존적인 계로 분류된다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 정전계의 기본 성질인 정지 전하에 의한 형성, 전계에너지 최소, 폐곡선 선적분 0, 보존장 여부를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

정전계는 시간에 따라 변하지 않는 전하분포, 즉 고정된 전하가 만드는 전계이다.
정전계는 전위를 정의할 수 있는 보존장이라서 임의의 폐곡선에 대해 $\oint E \cdot dl = 0$이다.
비보존장은 경로에 따라 일이 달라지고 폐곡선 선적분이 0이 아닌 장이므로 정전계와 반대 개념이다.

선지별 해설

① O: 정전계는 움직이지 않고 고정된 전하가 만드는 전계이므로 옳다.
② O: 정전평형에서는 전하가 재배치되어 전계에너지가 최소가 되는 분포를 이룬다고 보므로 옳다.
③ O: 정전계는 보존장이므로 폐곡선에 대한 선적분값 $\oint E \cdot dl$은 0이 되어 옳다.
④ X: 틀린 부분은 '비보존적인 계'이다. 정전계는 전위를 정의할 수 있는 보존적인 전계이므로 올바른 표현은 '정전계는 보존적인 전계로 분류된다'이다.

오답 포인트

③의 선적분 0 성질과 ④의 보존장 개념을 따로 외우면 서로 연결되지 않아 헷갈리기 쉽다. 폐곡선 선적분이 0이라는 사실 자체가 정전계가 보존장이라는 뜻이므로 ④의 '비보존적'이라는 한 단어가 바로 오답 신호이다.

다시 나오면 이렇게 판단

정전계 문제가 나오면 먼저 '정지 전하가 만드는가', '전위를 정의할 수 있는가', '폐곡선 선적분이 0인가'를 한 묶음으로 확인한다. 이 세 조건이 성립하면 정전계는 보존장으로 판단된다.

암기 포인트

정전계 = 고정 전하 + 전위 존재 + $\oint E \cdot dl = 0$ + 보존장이다.

NoteBase

문 17. 평면 도체 사이의 거리가 d인 공기 커패시터가 있다. 이 커패시터 두께의 절반인 $d/2$만 비유전율이 9인 유전체로 교체할 경우, 합성 정전용량은 교체 전 정전용량의 몇 배인가?

① 1.6

② 1.8

③ 2

④ 2.2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 두께 방향으로 서로 다른 유전체가 들어간 평판 커패시터를 직렬 결합으로 보고 합성 정전용량의 배수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 원래 공기 커패시터의 판간 거리: d
- 유전체로 바뀐 두께: $d/2$
- 유전체의 비유전율: 9

구해야 할 값:
- 교체 후 합성 정전용량이 교체 전 정전용량의 몇 배인지

주의할 조건:
- 유전체가 면적 방향이 아니라 두께 방향으로 절반 들어갔으므로 병렬이 아니라 직렬 결합으로 본다.

사용할 공식

원래 공기 커패시터는 $C_0 = \varepsilon_0 A/d$이다.
교체 후에는 공기층 $d/2$와 유전체층 $d/2$가 직렬이므로
$\frac{1}{C} = \frac{d/2}{\varepsilon_0 A} + \frac{d/2}{9\varepsilon_0 A}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유:
유전체가 판 사이를 두께 방향으로 나누어 채우면 전기력선이 공기층과 유전체층을 차례로 지나가므로 두 층은 직렬 커패시터와 같은 상태가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 원래 정전용량은 $C_0 = \varepsilon_0 A/d$이다.
2. 교체 후 역정전용량은
$\frac{1}{C} = \frac{d}{2\varepsilon_0 A} + \frac{d}{18\varepsilon_0 A} = \frac{10d}{18\varepsilon_0 A} = \frac{5d}{9\varepsilon_0 A}$
가 된다.
3. 따라서
$C = \frac{9\varepsilon_0 A}{5d} = 1.8\frac{\varepsilon_0 A}{d} = 1.8C_0$
이므로 교체 후 정전용량은 교체 전의 1.8배이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 $1.8C_0$이므로 1.6배는 맞지 않는다. 틀린 표현은 "1.6배"이고, 올바르게는 "1.8배"이다.
② O: 직렬 등가식으로 계산하면 합성 정전용량은 정확히 $1.8C_0$가 된다.
③ X: 계산 결과보다 크게 잡은 값이다. 틀린 표현은 "2배"이고, 올바르게는 "1.8배"이다. 공기층과 유전체층을 단순 평균하거나 직렬 효과를 약하게 보면 이런 오답이 나온다.
④ X: 계산 결과는 $2.2C_0$가 아니다. 틀린 표현은 "2.2배"이고, 올바르게는 "1.8배"이다. 분모의 직렬 합산을 빼먹으면 실제보다 큰 값으로 오판하기 쉽다.

오답 포인트

유전체가 절반 들어갔다는 말을 면적 절반으로 착각하면 병렬처럼 처리하게 된다. 이 문항은 두께 d 방향으로 절반이 바뀌었으므로 반드시 직렬 등가로 계산해야 한다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유전체가 어디를 기준으로 나뉘었는지부터 본다. 판의 넓이를 나누면 병렬, 판 사이 두께를 나누면 직렬로 판단하면 된다.

암기 포인트

평판 커패시터에서 두께 방향 분할은 직렬, 면적 방향 분할은 병렬이다.

NoteBase

문 18. 특성 임피던스가 Z_0인 전송선로에 Z_L의 부하 임피던스가 연결되었을 때 가장 옳지 않은 것은?

① 전송선로의 끝이 개방($Z_L = \infty$)되면 정재파비는 0이다.

② Z_0와 Z_L이 정합되면 정재파비는 1이다.

③ Z_0와 Z_L이 정합되면 반사가 일어나지 않는다.

④ 전송선로의 끝이 개방($Z_L = \infty$)되면 전압반사계수는 1이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전송선로의 전압반사계수와 정재파비의 관계, 그리고 정합 조건 $Z_L = Z_0$에서의 반사 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

전압반사계수는 $\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$이다.
정재파비는 $\mathrm{VSWR} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$이다.
정합은 $Z_L = Z_0$인 상태이며 이때 $\Gamma = 0$, 정재파비는 1이다.
개방단은 $Z_L \to \infty$인 상태이며 이때 전압반사계수는 $+1$, 정재파비는 무한대가 된다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 "정재파비는 0"이다. 개방단이면 $\Gamma = +1$이므로 $\mathrm{VSWR} = \frac{1+1}{1-1}$이 되어 정재파비는 0이 아니라 무한대이다. 틀린 표현 → 올바르게는 "전송선로의 끝이 개방($Z_L = \infty$)되면 정재파비는 무한대이다."이다.
② O: Z_0와 Z_L이 정합되면 $\Gamma = 0$이므로 정재파비는 $\frac{1+0}{1-0} = 1$이다. 정합 상태의 기본 성질을 그대로 묻는 선지이다.
③ O: 정합이면 부하에서 임피던스 불연속이 없어 반사가 생기지 않는다. 즉 반사파가 없으므로 이 선지는 옳다.
④ O: 개방단이면 $Z_L \to \infty$이므로 전압반사계수는 $+1$이다. 전압은 같은 위상으로 완전 반사된다는 뜻이므로 이 선지는 옳다.

오답 포인트

개방단과 정합 상태를 서로 섞으면 오답이 된다. 특히 "반사가 크다"와 "정재파비가 작다"를 반대로 외우면 ①을 맞는 말처럼 보기 쉽다. 개방단과 단락단은 모두 완전반사이므로 정재파비가 무한대라는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 Γ를 본다. 정합이면 $\Gamma = 0$이어서 반사 없음, 정재파비 1이다. 개방단이나 단락단처럼 $|\Gamma| = 1$이면 완전반사이므로 정재파비는 항상 무한대라고 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

정합은 반사 0, 정재파비 1이고, 개방·단락은 완전반사, 정재파비 무한대이다.

NoteBase

문 19. 반경이 r인 원통형 도선에 전류 i가 균일하게 흐를 때, 도선의 중심에서 $r/2$ 떨어진 곳에서의 자계($H_{r/2}$)와 도선의 중심에서 $2r$ 떨어진 곳의 자계(H_{2r})의 비율($\frac{H_{r/2}}{H_{2r}}$)은? (단, 도체의 길이는 무한대이다.)

① 4

② $\frac{1}{4}$

③ 1

④ 2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 균일 전류가 흐르는 원통형 도선의 내부 자계와 외부 자계 공식을 구분하여 비율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

도선 반경은 r이고 전류 i는 단면 전체에 균일하게 분포한다. 구해야 할 값은 중심에서 $r/2$ 떨어진 점의 자계 $H_{r/2}$와 중심에서 $2r$ 떨어진 점의 자계 H_{2r}의 비 $H_{r/2}/H_{2r}$이다. 무한장 도선이므로 암페어 법칙을 그대로 적용할 수 있다.

사용할 공식

도선 내부 ($x < r$)에서는 $H = \frac{ix}{2\pi r^2}$이고, 도선 외부 ($x > r$)에서는 $H = \frac{i}{2\pi x}$이다. 내부는 포함 전류가 면적비에 비례하므로 자계가 거리 x에 비례하고, 외부는 전체 전류 i를 감싸므로 자계가 거리 x에 반비례한다.

계산 과정

중심에서 $r/2$ 떨어진 내부 점에서는 $H_{r/2} = \frac{i(r/2)}{2\pi r^2} = \frac{i}{4\pi r}$이다. 중심에서 $2r$ 떨어진 외부 점에서는 $H_{2r} = \frac{i}{2\pi(2r)} = \frac{i}{4\pi r}$이다. 따라서 $\frac{H_{r/2}}{H_{2r}} = \frac{i/(4\pi r)}{i/(4\pi r)} = 1$이다.

선지별 해설

① X: 4는 내부 점에도 외부 공식 $H = \frac{i}{2\pi x}$를 그대로 적용할 때 나오는 값이다. 내부에서는 자계가 거리에 비례하므로 옳게는 비율이 1이다. ② X: 1/4는 묻는 비율을 $H_{2r}/H_{r/2}$로 거꾸로 읽거나 분자와 분모를 뒤집을 때 나오는 값이다. 옳게는 $H_{r/2}/H_{2r} = 1$이다. ③ O: 내부점과 외부점의 자계가 모두 $\frac{i}{4\pi r}$로 같으므로 비율은 1이다. ④ X: 2는 내부 포함 전류를 반지름비 1/2로 잘못 잡아 $i/2$라고 둘 때 나오는 값이다. 옳게는 면적비를 써서 포함 전류가 $i/4$이므로 비율은 1이다.

오답 포인트

함정은 내부 자계와 외부 자계의 거리 의존성을 같은 것으로 처리하는 데 있다. 특히 $r/2$에서 포함 전류를 반지름비로 착각하면 $i/2$로 잘못 두게 되고, 비율의 분자와 분모를 거꾸로 읽으면 1/4 같은 값이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

원통형 도선 자계 문제는 먼저 점이 도선 내부인지 외부인지 구분한 뒤, 내부이면 포함 전류를 면적비로 구하고 외부이면 전체 전류를 사용한다. 그다음 각 점의 자계를 따로 계산하여 마지막에 비율을 정리하면 된다.

암기 포인트

균일 전류 원통도선은 내부 $H \propto x$, 외부 $H \propto 1/x$이다.

NoteBase

문 20. 자계의 세기가 H로 균일한 곳에서 자기모멘트가 M인 자석을 자계와 수직인 방향으로 놓았을 때, 이 자석의 회전력은?

① MH[N · m]

② M/H[N · m]

③ H/M[N · m]

④ $1/MH$[N · m]

정답 1번

출제 포인트

균일한 자계에서 자기모멘트가 받는 회전력의 크기 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자계의 세기 H, 자기모멘트 M
구해야 할 값: 자석이 받는 회전력
주의할 조건: 자석을 자계와 수직인 방향으로 놓았으므로 각도는 $\theta = 90^\circ$이다.

사용할 공식

회전력의 크기는 $T = MH\sin\theta$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 균일한 자계 속 자기모멘트가 자계와 각도를 이룰 때 받는 회전력은 자기모멘트와 자계의 곱에 $\sin\theta$를 곱한 값으로 주어지기 때문이다.

계산 과정

1. 자석이 자계와 수직이므로 $\theta = 90^\circ$이다.
2. $\sin 90^\circ = 1$이다.
3. 따라서 $T = MH\sin 90^\circ = MH$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 회전력은 MH이므로 옳다.
② X: M/H는 회전력 공식과 맞지 않는다. 틀린 표현은 H를 분모로 둔 점이며, 올바르게는 MH이다.
③ X: H/M도 회전력 공식과 맞지 않는다. 틀린 표현은 M과 H를 나눗셈 관계로 본 점이며, 올바르게는 MH이다.
④ X: $1/MH$는 회전력 공식의 역수 형태일 뿐 회전력이 아니다. 틀린 표현은 곱의 역수를 회전력으로 본 점이며, 올바르게는 MH이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항은 수직 조건을 보고 $\sin 90^\circ = 1$을 바로 연결하는지를 묻는다. 각도 조건을 놓치면 곱셈 공식을 나눗셈이나 역수 형태로 잘못 바꾸기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

자기모멘트의 회전력 문제는 먼저 $T = MH\sin\theta$를 떠올린 뒤 각도가 0도인지 90도인지부터 확인하면 된다. 수직이면 $\sin\theta = 1$, 평행이면 $\sin\theta = 0$이다.

암기 포인트

자기모멘트의 회전력은 $MH\sin\theta$이며, 수직이면 최대값 MH, 평행이면 0이다.

NoteBase