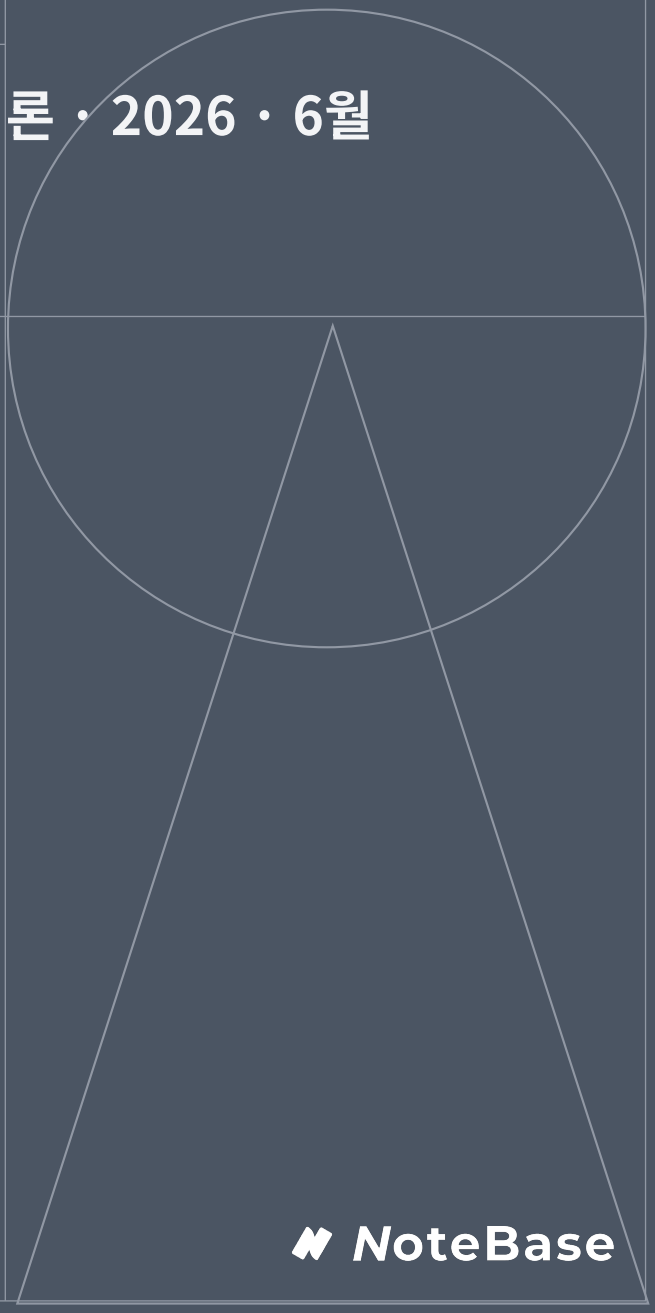
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2026 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2026 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2026 · 6월

문 1. $i(t) = 10\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$**[A]로 표시되는 전류파보다 위상이 30°만큼 앞서고 실횻값(RMS)이 10[V]인 전압파의 표시식으로 가장 옳은 것은?**

① $10\sin(\omega t)$

② $10\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$

③ $10\sqrt{2}\sin(\omega t)$

④ $10\sqrt{2}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$

정답 4번

간단한 해설

정현파 전압의 **최댓값은 실횻값의 $\sqrt{2}$배**이므로 $10\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이다. 전류의 위상 30°에 앞서는 위상 30°를 더하면 전압의 위상은 60°, 즉 $\frac{\pi}{3}$이 된다.

계산 과정

구할 전압을 $v(t) = V_m\sin(\omega t + \phi_v)$로 놓는다. V_m은 전압의 최댓값이고, ϕ_v는 전압의 초기 위상이다. 주어진 전류와 일정한 위상차를 갖는 전압이므로 각주파수는 같은 ω를 사용한다.

전압의 최댓값: 실횻값은 한 주기 동안 순간값을 제곱하여 평균한 뒤 제곱근을 취한 값이다. 정현파에서는 사인 제곱의 한 주기 평균이 1/2이므로 $V_{\mathrm{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$이다. 따라서 $V_m = \sqrt{2}V_{\mathrm{rms}} = 10\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이다. 전류식의 계수 10은 전류의 최댓값이므로 **전압의 진폭은 주어진 전압 실횻값으로 구한다**.

전압의 위상: 전류의 초기 위상은 $\frac{\pi}{6}$, 즉 30°이다. 같은 사인함수 표현에서 **위상이 앞서면 위상각을 더한다**. 따라서 전압의 초기 위상은 $\phi_v = \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$이다.

두 값을 대입하면 $v(t) = 10\sqrt{2}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)$[V]이며, ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 2. 전류 20[A]가 흐를 때 전력 100[W]가 소모되는 저항이 있다. 이 저항에 전류 30[A]를 흘렸을 때 소모되는 전력의 값[W]은?

① 44.4

② 135.5

③ 150

④ 225

정답 4번

간단한 해설

같은 저항값에서는 소비 전력이 **전류의 제곱에 비례**한다. 전류가 20 A에서 30 A로 1.5배가 되면 전력은 2.25배가 되어 225 W가 소모된다.

계산 과정

저항값 R은 일정하다고 보고, 전류를 I, 저항 양단의 전압을 V, 소비 전력을 P로 둔다. 전력식 $P = VI$에 옴의 법칙 $V = IR$을 대입하면 $P = I^2R$이다. 따라서 **저항값이 일정할 때** 전력이 전류의 제곱에 비례한다.

20 A에서 100 W를 소모하므로 저항값은 $R = \frac{P}{I^2} = \frac{100}{20^2} = 0.25\Omega$이다. 이 값은 전류를 30 A로 바꾸어도 동일하게 적용할 저항값이다.

전류가 30 A일 때의 소비 전력은 $P = 30^2 \cdot 0.25 = 225\text{W}$이다. 계산한 225 W는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 이상적인 독립전압원의 내부저항 값[Ω]으로 가장 옳은 것은?

① 0

② ∞

③ 1

④ −∞

정답 1번

간단한 해설

이상적인 독립전압원은 부하 전류가 변해도 단자전압을 일정하게 유지한다. 전류에 따른 내부 전압 강하가 없어야 하므로 **내부저항은 0 Ω**이다.

공통 해설

이상적인 독립전압원은 외부 회로에 흐르는 전류와 관계없이 정해진 전압을 유지하는 전원이다. 전압원 내부에 직렬 저항이 있으면 전류가 흐를 때 그 저항에서 전압 강하가 생겨 단자전압이 달라진다. 따라서 이상적인 전압원은 **부하 전류에 따른 내부 전압 강하가 없도록** 내부저항을 0 Ω으로 둔다. 이 조건은 내부저항이 1 Ω이거나 무한대인 경우와 구별된다.

NoteBase

문 4. 정전계 내에서 “임의의 폐곡면을 통해 나가는 총 전속은 그 폐곡면에 의해 둘러싸인 총 전하와 같다”는 물리적 특성이 있다. 이 특성을 전속밀도(D)와 체적전하밀도(ρ□)로 나타낸 수식으로 가장 옳은 것은?

① $\nabla \times D = \rho_v$

② $\nabla \cdot D = 0$

③ $\nabla \cdot D = \rho_v$

④ $\nabla \times D = 0$

정답 3번

간단한 해설

폐곡면을 통해 나가는 전속과 내부 전하의 관계는 **가우스 법칙**이다. 이를 한 점에서의 관계로 나타내면 전속밀도의 **발산**이 체적전하밀도와 같으므로 $\nabla \cdot D = \rho_v$이다.

공통 해설

가우스 법칙은 폐곡면을 통해 바깥으로 나가는 순전속이 그 안의 총전하와 같다는 법칙이다. 폐곡면을 S, 그 내부의 총전하를 Q라고 하면 $\oint_S D \cdot dS = Q$로 나타낸다. 이때 면적벡터의 방향은 폐곡면의 바깥쪽으로 잡는다.

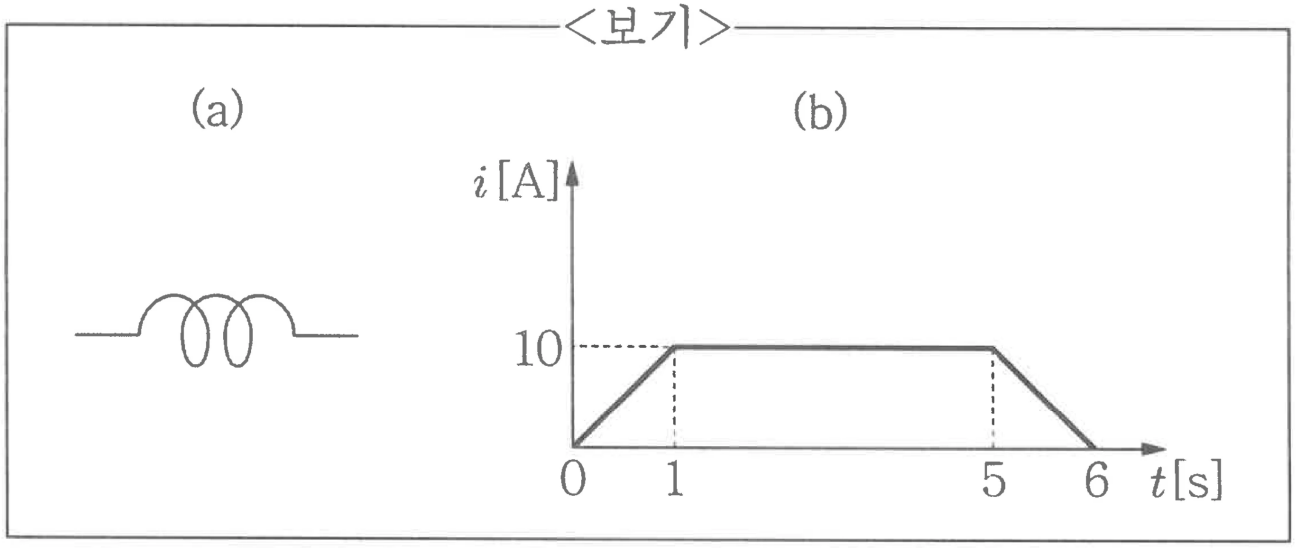
이 관계를 아주 작은 부피에 적용하면, 단위 부피당 바깥으로 나가는 순전속은 그곳의 체적전하밀도와 같다. 전속밀도 D의 **단위 부피당 순유출을 나타내는 연산이 발산**이므로, 가우스 법칙의 미분형은 $\nabla \cdot D = \rho_v$이다.

폐곡면을 통한 순유출을 나타내려면 회전 연산 $\nabla \times D$가 아니라 발산 연산 $\nabla \cdot D$를 써야 한다. 또한 $\nabla \cdot D = 0$은 체적전하밀도가 0인 곳에 해당하는 특수한 식으로, 전하가 존재할 수 있는 일반적인 경우에는 우변을 ρ_v로 둔다.

NoteBase

문 5. <보기>에서 (a)의 인덕턴스에 전류가 (b)와 같이 흐를 때 1 < t < 5[s] 구간에서 인덕터 양단 전압 V_L의 값[V]은? (단, 인덕턴스는 4[H]이다.)

<보기>



① −40

② −10

③ 0

④ 40

정답 3번

간단한 해설

1 < t < 5 s에서 전류는 10 A로 **일정하므로 변화율이 0**이다. 인덕터 전압은 전류의 변화율에 비례하므로 이 구간의 전압은 0 V이다.

계산 과정

인덕턴스가 일정한 이상적인 인덕터의 양단 전압은 $V_L = L\frac{di}{dt}$이다. 여기서 L은 인덕턴스, i는 전류, t는 시간이며, 주어진 L은 4 H이다. 전압은 전류의 크기 자체가 아니라 **시간에 따른 전류 변화율**에 의해 결정된다.

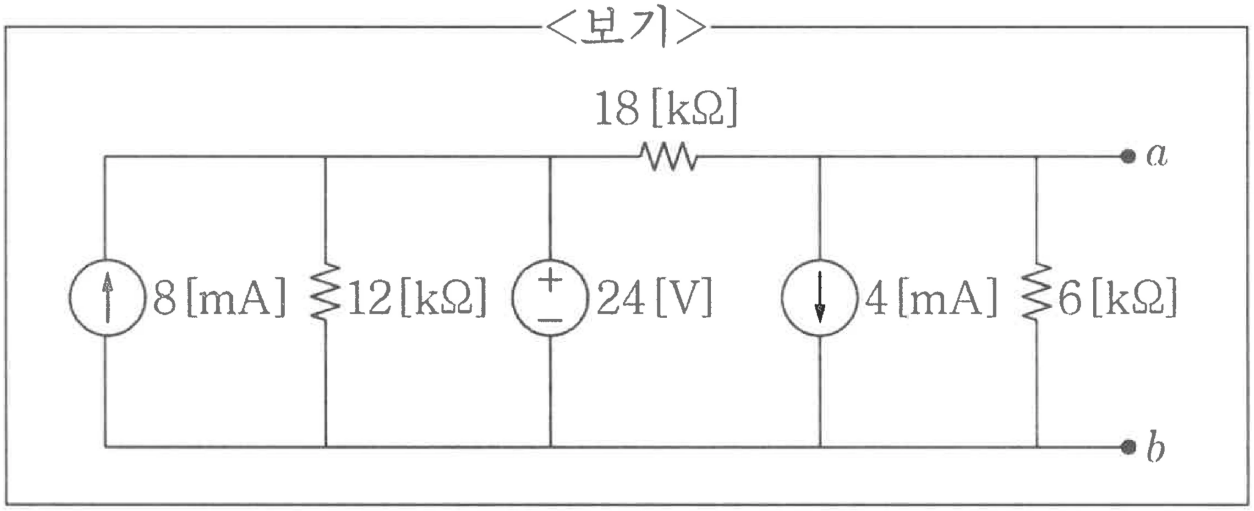
그림 (b)의 가로축은 시간 t[s], 세로축은 전류 i[A]이다. 1 < t < 5 s에서는 그래프가 10 A에서 수평이므로 전류 변화율은 $\frac{di}{dt} = \frac{10-10}{5-1} = 0\text{A/s}$이다. 이 구간은 직선이므로 두 시점 사이의 기울기가 구간 안의 모든 시점에서의 변화율과 같다.

따라서 $V_L = 4 \cdot 0 = 0\text{V}$이며, 선택지 ③의 0 V에 해당한다.

NoteBase

문 6. <보기>의 교류 회로에서 단자 a-b에 대한 노턴 등가 회로를 구하고자 한다. 이때, 단자 a-b에서 본 노턴 저항 R_N의 값[kΩ]과 노턴 전류 I_N의 값[mA]은?

<보기>



① R_N: 4.5, I_N: $-\frac{8}{3}$

② R_N: 4.5, I_N: $\frac{8}{3}$

③ R_N: 6, I_N: $-\frac{8}{3}$

④ R_N: 18, I_N: 4

정답 1번

간단한 해설

독립 전압원을 단락하고 독립 전류원을 개방하면 18 kΩ과 6 kΩ이 **병렬**이 되어 노턴 저항은 4.5 kΩ이다. 노턴 전류는 **a→b를 양의 방향**으로 잡은 단락전류이며, $I_N = -\frac{8}{3}$mA이므로 실제 방향은 b→a이다.

NoteBase

계산 과정

노턴 저항: 독립 전원을 비활성화할 때 **전압원은 단락하고 전류원은 개방한다**. 24 V 전압원이 단락되면 12 kΩ 저항도 도선과 병렬로 연결되어 단자에서 본 저항에 영향을 주지 않는다. 따라서 a-b 사이에는 18 kΩ과 6 kΩ만 병렬로 남는다. $R_N = \frac{18 \cdot 6}{18+6} = 4.5\text{k}\Omega$이다.

단락 시 전압과 가지전류: 전원을 원래대로 두고 a-b를 도선으로 연결한다. b를 기준 전위 0 V로 잡으면 a도 0 V가 된다. 반면 18 kΩ 왼쪽 노드는 24 V 전압원의 +단자에 연결되어 **항상 b보다 24 V 높다**. 이 전압원이 노드 전압을 고정하므로 병렬로 연결된 8 mA 전류원과 12 kΩ 저항은 이 전압을 바꾸지 않는다. 18 kΩ을 통해 a로 들어오는 전류는 $I_{18} = \frac{24}{18} = \frac{4}{3}\text{mA}$이다. 여기서 V를 kΩ으로 나누면 mA가 된다. 6 kΩ 양단 전압은 0 V이므로 그 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

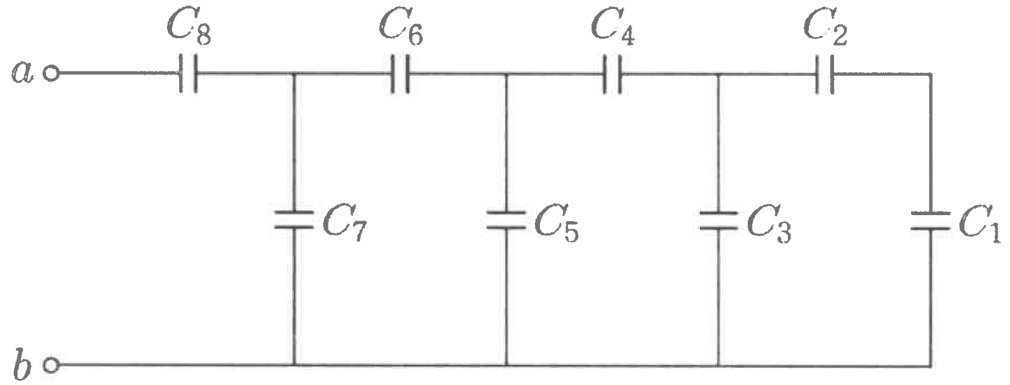
노턴 전류: I_N을 외부 단락선에서 a→b로 흐르는 전류로 잡는다. 노드 a에서 유입전류와 유출전류가 같아야 하므로 $\frac{4}{3} = 4 + I_N$이다. 따라서 $I_N = \frac{4}{3} - 4 = -\frac{8}{3}\text{mA}$이다. 4 mA 전류원이 a에서 b로 내보내는 전류가 18 kΩ을 통해 들어오는 전류보다 크므로, 부족한 전류는 **단락선을 통해 b→a로 유입**된다. 음수 부호는 이 실제 방향이 정한 기준과 반대임을 뜻한다.

따라서 $R_N = 4.5\text{k}\Omega$, $I_N = -\frac{8}{3}\text{mA}$이며, 이 값의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 7. <보기> 회로에서 단자 a와 b 사이의 등가 커패시턴스의 값[F]은? (단, 초기 전하량은 0이며, C_1=20[F], C_2=5[F], C_3=6[F], C_4=10[F], C_5=5[F], C_6=2.5[F], C_7=10[F], C_8=12[F]이다.)

<보기>



① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 2번

간단한 해설

회로 오른쪽부터 **직렬은 곱을 합으로 나누고, 병렬은 더하는** 방식으로 줄인다. 마지막에는 12 F인 두 커패시턴스가 직렬로 연결되므로 단자 a와 b 사이의 등가 커패시턴스는 6 F이다.

NoteBase

계산 과정

초기 전하량이 0인 이 회로에서 직렬로 연결된 커패시터는 전하량의 크기가 같고 전압이 더해진다. 따라서 두 커패시턴스가 C_A, C_B이면 직렬 등가값은 $C_s = \frac{C_A C_B}{C_A + C_B}$이다. 병렬에서는 양단 전압이 같고 전하량이 더해지므로 $C_p = C_A + C_B$이다. 아래쪽 도선은 모두 단자 b와 같은 전위이며, 주어진 값의 단위는 모두 F이다.

1. 오른쪽의 C_2와 C_1은 **사이에 다른 가지가 없는 직렬 연결**이다. 두 소자의 등가값은 $\frac{5 \times 20}{5 + 20} = 4$F이다. 이 4 F 부분과 C_3은 위쪽 접속점과 아래쪽 b 도선을 함께 연결하므로 병렬이다. 따라서 C_4 오른쪽 부분은 4 + 6 = 10 F로 줄어든다.

2. C_4와 앞에서 구한 10 F 부분은 직렬이므로 $\frac{10 \times 10}{10 + 10} = 5$F이다. 이 등가값은 C_5와 **같은 두 접속점 사이에 연결**되어 병렬이므로, C_6 오른쪽 부분은 5 + 5 = 10 F이다.

3. C_6과 그 오른쪽의 10 F 부분을 직렬로 합치면 $\frac{2.5 \times 10}{2.5 + 10} = 2$F이다. 이 2 F 부분은 C_7과 병렬이므로, C_8 오른쪽 전체의 등가 커패시턴스는 2 + 10 = 12 F이다.

4. 마지막으로 $C_8 = 12$F와 오른쪽 전체의 12 F가 직렬로 연결된다. 따라서 $C_{ab} = \frac{12 \times 12}{12 + 12} = 6$F이며, 이는 ②의 6 F에 해당한다.

NoteBase

문 8. 부하가 Δ결선, 부하 임피던스각 $\theta = \frac{\pi}{6}$일 때, 선전압의 실횻값(RMS)은 100[V], 선전류의 실횻값(RMS)은 100[A]인 평형 3상계통에서 부하에 공급되는 총 유효전력의 값[kW]은?

① $\frac{15}{\sqrt{6}}$
② $\frac{15}{\sqrt{3}}$
③ 15
④ $15\sqrt{3}$

정답 3번

간단한 해설

평형 3상 부하의 총 유효전력은 $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$이다. 부하 임피던스각에 따른 **역률** $\cos(\pi/6) = \sqrt{3}/2$를 적용하면 총 유효전력은 15 kW이다.

계산 과정

선전압과 선전류의 실횻값을 각각 V_L, I_L, 부하 한 상의 전압과 전류의 실횻값을 각각 V_ϕ, I_ϕ라 하자. 주어진 값은 $V_L = 100\text{V}$, $I_L = 100\text{A}$, $\theta = \pi/6$이다. Δ결선에서는 **상전압이 선전압과 같고**, 선전류의 크기는 상전류의 크기의 $\sqrt{3}$배이므로 $V_\phi = V_L$, $I_\phi = I_L/\sqrt{3}$이다.

부하 임피던스각은 각 상의 전압과 전류 사이의 위상차이므로 역률은 $\cos\theta$이다. 한 상의 유효전력은 $V_\phi I_\phi \cos\theta$이고, 평형 부하는 세 상의 유효전력이 같으므로 총 유효전력은 $P = 3V_\phi I_\phi \cos\theta$이다. Δ결선의 관계를 대입하면 $P = 3V_L \frac{I_L}{\sqrt{3}} \cos\theta = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$가 된다.

역률은 $\cos(\pi/6) = \frac{\sqrt{3}}{2}$이다. 따라서 $P = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 100 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 15{,}000\text{W}$이다. 이 값은 한 상의 전력이 아니라 **세 상을 합한 유효전력**이다.

1 kW = 1,000 W이므로 15,000 W = 15 kW이다. 이는 ③의 15에 해당한다.

NoteBase

문 9. 자계의 세기 $H = 2{,}000[\mathrm{A/m}]$의 균등자계에 위치한 단면적 20[$\mathrm{cm}^2$]인 자성체에 20k[Wb]의 자속이 자성체 단면을 수직으로 통과할 때 이 자성체의 투자율의 값[H/m]은? (단, k는 상수이며 자성체의 자기포화현상은 무시한다.)

① 5k

② 20k

③ 100k

④ 200k

정답 1번

간단한 해설

자속이 단면에 수직으로 통과하므로 투자율은 $\mu = \frac{\Phi}{SH}$로 구한다. **단면적을 0.002 m^2로 환산**하여 대입하면 투자율은 5k H/m이다.

계산 과정

단면적 환산: 단면적 S는 20 cm^2이다. 1 cm = 0.01 m이므로 **면적은 길이의 환산 비율을 제곱**하여 바꾼다. 따라서 $S = 20 \cdot 10^{-4} = 0.002\mathrm{m}^2$이다.

자속밀도 계산: 자속밀도 B는 단위 면적을 통과하는 자속이다. 균등자계에서 자속이 단면을 **수직으로 통과**하므로 $\Phi = BS$가 성립한다. 주어진 자속은 20k Wb이므로 $B = \frac{20k}{0.002} = 10{,}000k\mathrm{T}$이다.

투자율 계산: 자기포화현상을 무시하는 조건에서 자속밀도와 자계의 세기는 $B = \mu H$로 연결된다. 투자율 μ는 자계의 세기에 대해 자속밀도가 얼마나 형성되는지를 나타내며, $\mu = \frac{B}{H}$로 구한다. 자계의 세기 2,000 A/m를 대입하면 $\mu = \frac{10{,}000k}{2{,}000} = 5k\mathrm{H/m}$이다. 이 값은 ①의 5k에 해당한다.

NoteBase

문 10. 여름철 하루 평균 1[kW/m^2]의 태양광 에너지가 5시간 동안 조사된다. 이때 1[m^2] 크기의 태양광 패널 A는 48[V] 및 5[A] 출력으로 발전한다. 이를 고려하여, 2.4[kW]의 전력을 소모하는 에어컨을 5시간 가동하기 위해 필요한 태양광 패널 A의 최소 수량[개]은? (단, 전기적 손실은 없는 것으로 가정한다.)

① 1

② 5

③ 10

④ 20

정답 3번

간단한 해설

패널 1개의 전기 출력은 48 × 5 = 240 W이므로, 5시간 동안 1.2 kWh를 생산한다. 에어컨에 필요한 12 kWh를 공급하려면 **패널 10개**가 필요하다.

계산 과정

패널 1개의 출력: 전압 V와 전류 I로부터 전력은 $P = VI$로 구한다. 따라서 48 × 5 = 240 W = 0.24 kW이다. 주어진 1 kW/m^{2}는 입사하는 태양광의 세기이며, 실제 발전량은 **주어진 전기 출력**을 기준으로 계산한다.

5시간 동안의 전력량: 일정한 전력 P로 t시간 동안 발전하거나 전력을 소비하면 전력량은 $E = Pt$이다. 패널 1개가 생산하는 전력량은 0.24 × 5 = 1.2 kWh이고, 에어컨이 소비하는 전력량은 2.4 × 5 = 12 kWh이다. 전기적 손실이 없으므로 패널들의 총발전량이 이 소비량 이상이어야 한다.

최소 수량: 필요한 패널 수를 N이라 하면 $N = \frac{12}{1.2} = 10$이다. 발전 시간과 가동 시간이 모두 5시간이므로 전력량의 비는 전력의 비와 같으며, 10개가 2.4 kW를 공급한다. 따라서 최소 수량은 10개로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. <보기> 시간신호 $x(t)$의 라플라스 변환 $X(s)$를 바르게 구한 것은? (단, $u(t)$는 단위계단 함수이다.)

<보기> $x(t) = e^{-2t}u(t) + 3(t-1)u(t-1) - 2\cos(4t)u(t)$

① $X(s) = \frac{1}{s+2} + \frac{3e^{-s}}{s^2} - \frac{2s}{s^2+16}$
② $X(s) = \frac{1}{s+2} + \frac{3}{s^2} - \frac{2s}{s^2+16}$
③ $X(s) = \frac{1}{s+2} + \frac{3e^{-s}}{s} - \frac{2s}{s^2+16}$
④ $X(s) = \frac{1}{s+2} + \frac{3e^{-s}}{s^2} - \frac{2}{s^2+16}$

정답 1번

간단한 해설

1만큼 지연된 램프인 $3(t-1)u(t-1)$의 변환은 $\frac{3e^{-s}}{s^2}$이다. 여기에 지수항의 변환 $\frac{1}{s+2}$와 코사인항의 변환 $-\frac{2s}{s^2+16}$을 더한다.

계산 과정

$u(t)$는 시작 시점 이전의 신호를 0으로 만드는 단위계단 함수이고, s는 라플라스 변환의 복소주파수 변수이다. 주어진 신호는 세 항의 합이므로 **선형성**에 따라 각 항을 변환한 뒤 계수와 부호를 유지하여 더한다.

지수항: $e^{-2t}u(t)$에는 $e^{-at}u(t)$의 변환이 $\frac{1}{s+a}$라는 공식을 적용한다. $a = 2$이므로 이 항의 변환은 $\frac{1}{s+2}$이다.

지연 램프항: 먼저 $tu(t)$의 변환은 $\frac{1}{s^2}$이므로 $3tu(t)$의 변환은 $\frac{3}{s^2}$이다. $3(t-1)u(t-1)$은 이 램프를 **시간축에서 1만큼 오른쪽으로 이동**시킨 신호이다. 시간지연 정리에 따라 1만큼 지연되면 원래 변환에 e^{-s}를 곱하므로, 변환 결과는 $\frac{3e^{-s}}{s^2}$이다. 분모의 s^2는 램프의 변환에서, e^{-s}는 시작 시점의 지연에서 나온다.

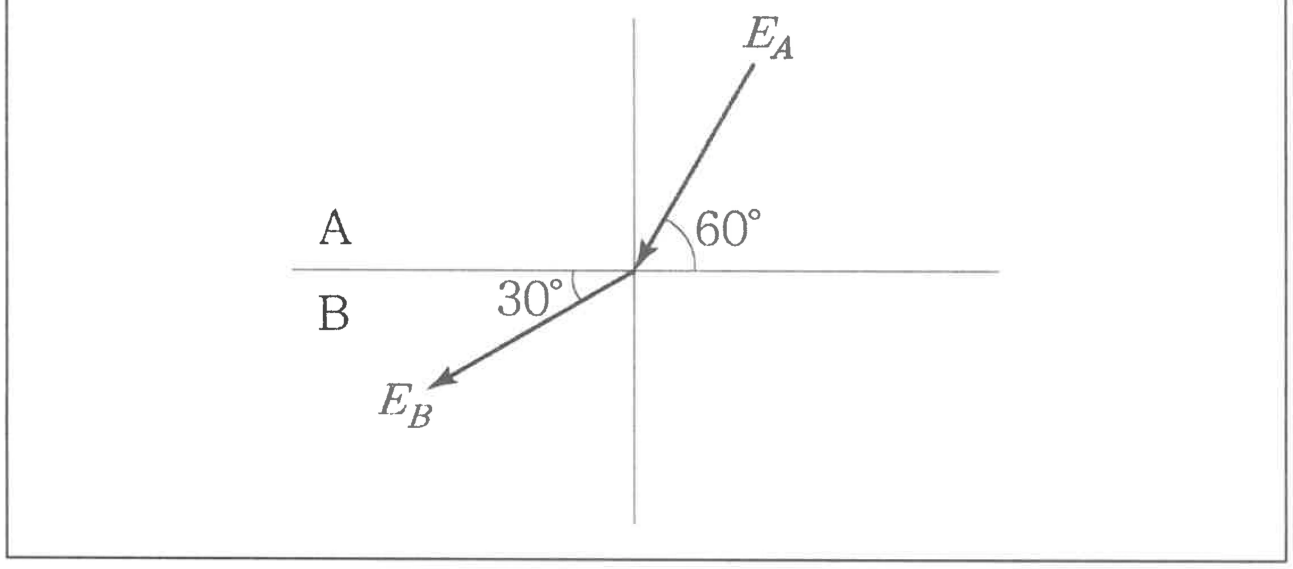
코사인항: $\cos(\omega t)u(t)$의 변환은 $\frac{s}{s^2+\omega^2}$이다. 이 항에서는 $\omega = 4$이고 계수가 -2이므로 변환은 $-2 \cdot \frac{s}{s^2+4^2} = -\frac{2s}{s^2+16}$이다. **코사인의 변환은 분자에 s가 남는다**는 점에 유의한다.

세 항의 변환을 더하면 $X(s) = \frac{1}{s+2} + \frac{3e^{-s}}{s^2} - \frac{2s}{s^2+16}$이며, 이는 ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 12. 유전체 A와 B의 경계에서 전계의 방향이 <보기>와 같을 때, 전계의 세기 $E_A = 250\sqrt{3}$ [V/m]일 경우 전계의 세기 E_B의 값[V/m]은?

<보기>



① 250

② $250\sqrt{3}$

③ 750

④ $750\sqrt{3}$

정답 1번

간단한 해설

유전체 경계에서는 **전계의 접선 성분이 연속**이다. 그림의 각도는 경계면을 기준으로 하므로 $E_A\cos 60° = E_B\cos 30°$를 적용하면 E_B는 250 V/m이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 수평선은 유전체 A와 B의 경계면이고, 수직선은 법선이다. 표시된 60°와 30°는 각각 전계가 **경계면과 이루는 각**이므로, 경계면에 평행한 접선 성분의 크기는 전계의 크기에 각도의 코사인을 곱하여 구한다. 두 전계의 접선 성분은 모두 왼쪽을 향한다.

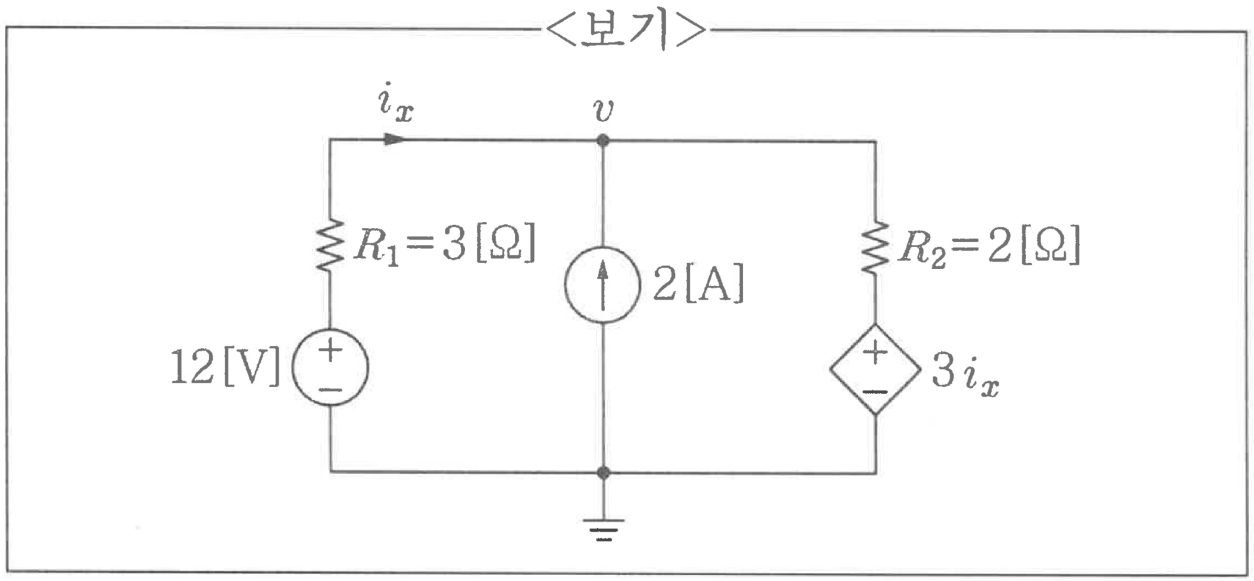
정전계에서 전계의 접선 성분은 경계 양쪽에서 같으므로 $E_A\cos 60° = E_B\cos 30°$이다. A에서의 접선 성분은 $E_A\cos 60° = 250\sqrt{3}\cdot\frac{1}{2} = 125\sqrt{3}$ V/m이며, 이 값이 B에서의 접선 성분이기도 하다.

B의 접선 성분을 $\cos 30°$로 나누면 전계 전체의 크기를 얻는다. 따라서 $E_B = \frac{125\sqrt{3}}{\sqrt{3}/2} = 250$V/m이며, 이는 ①의 250에 해당한다.

NoteBase

문 13. <보기> 회로에서 전류 i_x의 값[A]은?

<보기>



① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 2번

간단한 해설

오른쪽 2 Ω 저항에는 왼쪽 가지 전류와 2 A 전류원이 공급하는 전류를 **합한 전류**가 흐른다. 종속 전압원의 전압 $3i_x$까지 포함하여 두 가지의 위쪽 접점 전압을 같게 놓으면 $i_x = 1.0$A이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 접지를 0 V, 위쪽 접점의 전위를 v라 한다. 전압원의 +극이 위에 있으므로 왼쪽 12 V 전압원의 위쪽 단자는 12 V이고, 오른쪽 종속 전압원의 위쪽 단자는 $3i_x$ V이다. 여기서 전압은 V, 전류는 A, 저항은 Ω 단위로 계산한다.

왼쪽 가지: i_x의 화살표는 왼쪽 가지에서 위쪽 접점으로 들어가는 방향이다. 따라서 3 Ω 저항에서는 **12 V인 단자에서 전위가 v인 접점으로** 전류가 흐르는 방향을 기준으로 옴의 법칙을 적용한다. $i_x = \frac{12 - v}{3}$이므로 $v = 12 - 3i_x$이다.

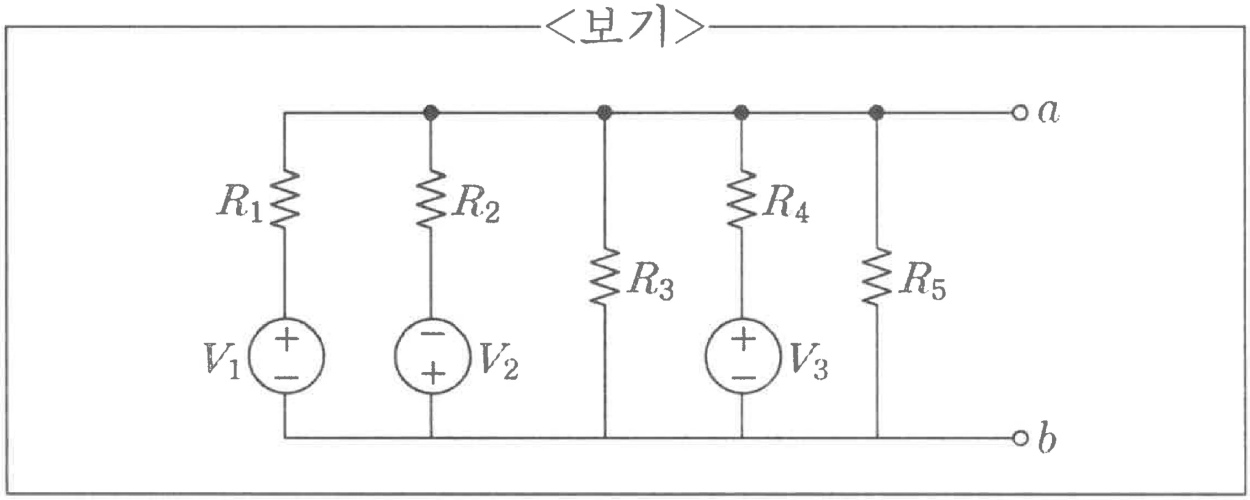
오른쪽 가지: 오른쪽 저항을 아래로 흐르는 전류를 i_r라 한다. 위쪽 접점에는 i_x와 2 A가 들어오므로 키르히호프 전류 법칙에 따라 $i_r = i_x + 2$이다. 오른쪽 가지의 접점 전압은 **저항의 전압 강하와 종속 전압원의 전압을 더한 값**이므로 $v = 2i_r + 3i_x$이다. 여기에 전류 관계를 대입하면 $v = 2(i_x + 2) + 3i_x = 5i_x + 4$가 된다.

두 가지는 같은 위쪽 접점에 연결되므로 $12 - 3i_x = 5i_x + 4$이다. 이를 정리하면 $8i_x = 8$, 즉 $i_x = 1.0\text{A}$이다. 양수이므로 그림의 화살표 방향으로 1.0 A가 흐르며, ②의 1.0에 해당한다.

NoteBase

문 14. <보기> 회로에서 단자 a-b에 나타나는 전압의 값[V]은? (단, V_1=40[V], V_2=10[V], V_3=120[V], R_1=8[Ω], R_2=5[Ω], R_3=4[Ω], R_4=20[Ω], R_5=2[Ω]이다.)

<보기>



① 8

② 9

③ 10

④ 11

정답 1번

간단한 해설

각 가지 전류의 합이 0이라는 **키르히호프 전류 법칙**을 적용한다. 두 번째 전압원은 위쪽이 −극이므로 저항 아래쪽 전위를 −10 V로 반영하면, 단자 a의 전위는 b보다 8 V 높다.

NoteBase

계산 과정

1. 기준 전위와 전압원 극성: 단자 b를 0 V로 두고 구할 전압을 $U = V_a - V_b$라 한다. 다섯 가지는 모두 위쪽 단자 a와 아래쪽 단자 b 사이에 연결되어 있다. 첫 번째와 네 번째 가지의 전압원 위쪽 전위는 각각 40 V, 120 V이다. 두 번째 전압원은 **아래쪽이 +극**이므로 그 위쪽 전위는 −10 V이다.

2. 가지 전류: 각 저항을 흐르는 전류의 기준 방향을 a에서 b로 잡고 왼쪽부터 I_1□I_5라 한다. 옴의 법칙에 따라 저항 양끝의 전위차를 저항값으로 나누면 된다. 전압은 V, 저항은 Ω 단위를 사용하므로 다음 전류의 단위는 A이다.
$I_1 = \frac{U-40}{8}$, $I_2 = \frac{U+10}{5}$, $I_3 = \frac{U}{4}$, $I_4 = \frac{U-120}{20}$, $I_5 = \frac{U}{2}$.

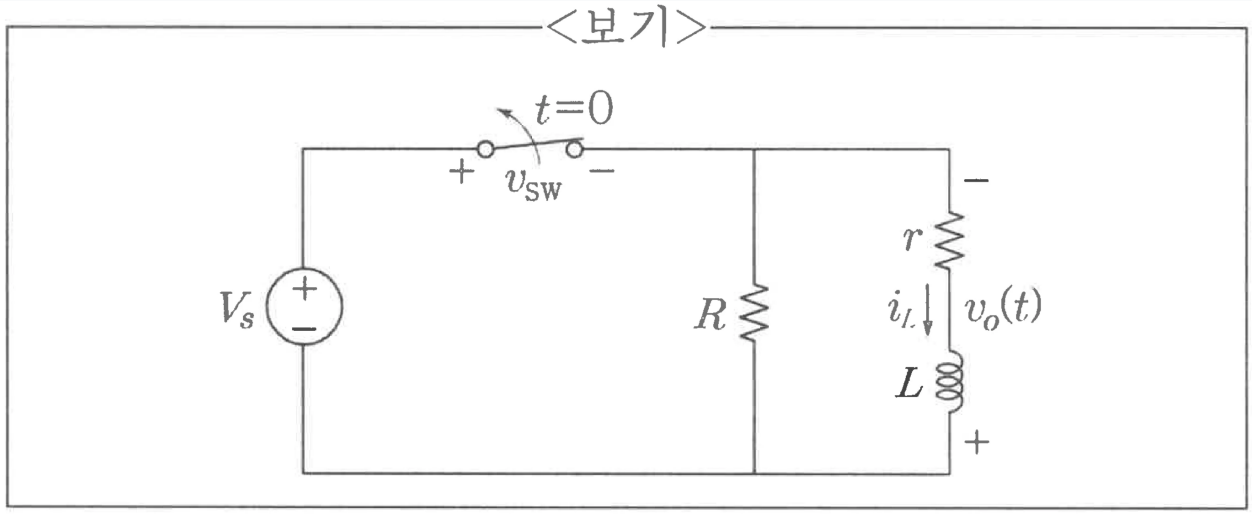
3. 전류 법칙 적용: 단자 a에는 외부 부하가 연결되어 있지 않으므로 **가지 전류의 대수합이 0**이다. 따라서 $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$이다. 위 전류식을 대입하고 분모를 없애기 위해 양변에 40을 곱한다. 이때 U의 계수는 $5 + 8 + 10 + 2 + 20 = 45$이고, 전압원에 의한 상수항은 $-200 + 80 - 240 = -360$이므로 $45U - 360 = 0$을 얻는다.

4. 단자 전압: $U = \frac{360}{45} = 8$V이다. 이는 단자 a가 b보다 8 V 높은 전위임을 뜻하며, 선택지 ①의 8 V에 해당한다.

NoteBase

문 15. <보기>의 회로에서 $R = 1$[kΩ], $r = 1$[Ω], $V_s = 10$[V]이다. 스위치가 오래 닫혀 있어 인덕터에 정상상태 전류가 흐르고 있다가 $t = 0$에서 갑자기 열릴 때, 스위치가 열린 직후의 전압 v_o의 값[kV]은?

<보기>



① 0.01

② 0.1

③ 1

④ 10

정답 4번

간단한 해설

인덕터 전류는 **스위치가 열린 직후에도 10 A로 유지**되며, 이 전류가 1 kΩ 저항을 아래에서 위로 흐른다. 따라서 그림의 아래쪽 (+), 위쪽 (−) 극성으로 측정한 전압은 10 kV이다.

NoteBase

계산 과정

스위치가 열리기 전: 직류 정상상태에서 이상적인 인덕터는 단락으로 취급한다. 전원은 R 가지와 r·L 직렬 가지에 병렬로 연결되어 있으므로, 인덕터 전류를 정하는 저항은 **R이 아니라 r**이다. 따라서 아래 방향의 인덕터 전류는 $i_L(0^-) = \frac{V_s}{r} = \frac{10}{1} = 10\text{A}$이다.

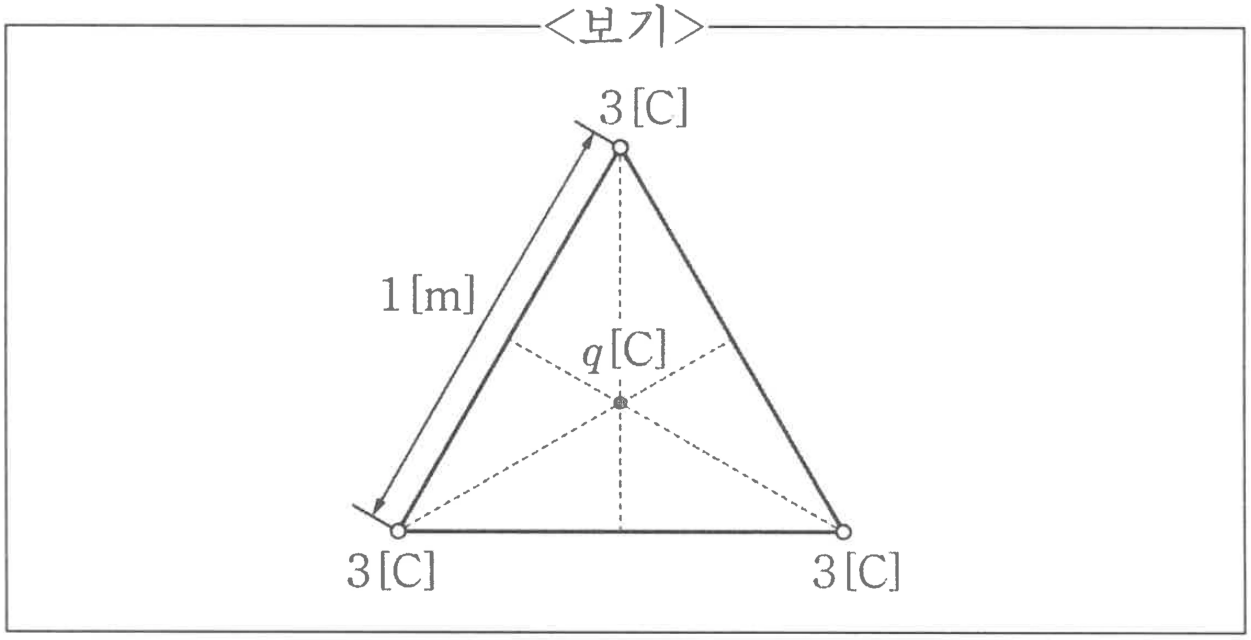
스위치가 열린 직후: 인덕터 전류는 순간적으로 변할 수 없으므로 $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 10\text{A}$이다. 전원과의 연결이 끊겨도 R과 r·L 가지는 폐회로를 이룬다. 따라서 r·L 가지를 아래로 흐르는 10 A가 **R을 아래에서 위로** 흐르며 돌아온다.

출력 전압: 그림의 v_o는 r과 L을 합한 가지 전체의 양단 전압이며, R의 양단 전압과 같다. 표시된 극성은 아래쪽이 (+), 위쪽이 (−)이므로, R의 전류가 (+) 단자로 들어가 전압은 양수이다. $R = 1\text{k}\Omega = 1000\Omega$를 적용하면 $v_o(0^+) = R i_L(0^+)$이고, 그 값은 $1000 \times 10 = 10000\,\text{V} = 10\,\text{kV}$이다. 이는 ④의 10 kV에 해당한다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같이 진공에서 xy평면 위 정삼각형의 세 꼭짓점에 동일한 점전하 3[C]를 각각 놓았다. 정삼각형의 한 변의 길이는 1[m]이다. 이때 정삼각형의 무게중심에 또 다른 점전하 q[C]를 놓아, 세 꼭짓점에 놓인 각 점전하가 받는 알짜 전기력이 모두 0이 되도록 하려고 한다. 이때 무게중심에 놓아야 할 점전하 q의 값[C]은?

<보기>



① − 3

② $-\sqrt{3}$

③ $\sqrt{3}$

④ 3

정답 2번

간단한 해설

두 꼭짓점 전하가 만드는 반발력의 합은 무게중심에서 바깥쪽으로 향하므로, 이를 상쇄하려면 중심에 **음전하**를 놓아야 한다. 두 반발력의 벡터합과 중심 전하의 인력을 같게 놓으면 $q = -\sqrt{3}$C이다.

NoteBase

계산 과정

각 꼭짓점 전하를 Q = 3 C, 한 변의 길이를 a = 1 m라 하고, 진공의 쿨롱 상수를 k라 하자. 점전하 사이 전기력의 크기는 $F = k\frac{|Q_1 Q_2|}{r^2}$이며, 한 전하가 받는 알짜 힘은 다른 전하들이 각각 가하는 힘의 벡터합이다. 세 꼭짓점의 배치가 대칭이므로 **한 꼭짓점에서 힘이 상쇄되는 조건**을 구하면 나머지 두 꼭짓점에도 똑같이 적용된다.

그림의 위쪽 꼭짓점을 기준으로 보면, 아래쪽 두 양전하는 각각 변을 따라 위쪽 전하를 밀어낸다. 두 반발력은 크기가 $F_0 = k\frac{Q^2}{a^2}$로 같고 서로 60°를 이룬다. 대칭축에 수직인 성분은 상쇄되고, 대칭축 방향 성분은 더해진다. 따라서 합력의 크기는 F_반발=2F_030^, 즉 F_반발=√(3)k(Q^2)/(a^2)이다. 방향은 무게중심에서 위쪽 꼭짓점을 향하는 바깥쪽이다.

정삼각형의 높이는 $h = \frac{\sqrt{3}}{2}a$이고, 무게중심은 중선을 꼭짓점으로부터 2:1로 나눈다. 따라서 꼭짓점과 무게중심 사이 거리는 $r = \frac{2}{3}h = \frac{a}{\sqrt{3}}$이다. 중심 전하가 바깥쪽 반발력을 상쇄하려면 양전하를 **무게중심 쪽으로 끌어당겨야 하므로 q는 음수**이다. 이 인력의 크기는 F_인력=k(Q|q|)/(r^2)=3k(Q|q|)/(a^2)이다.

알짜 힘이 0이 되려면 두 힘의 크기가 같아야 하므로 $\sqrt{3}k\frac{Q^2}{a^2} = 3k\frac{Q|q|}{a^2}$이다. 공통 인자를 약분하면 $|q| = \frac{Q}{\sqrt{3}}$이고, Q = 3 C를 대입하면 $|q| = \sqrt{3}$C이다. 음의 부호를 적용한 $q = -\sqrt{3}$C는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 전류밀도 $\vec{J} = 4y^2\vec{a}_y + z\vec{a}_z[A/m^2]$일 때, -1 ≤ x ≤ 1[m], -1 ≤ y ≤ 1[m], -1 ≤ z ≤ 1[m]의 체적에서 발산하는 전체 전류의 값[A]은?

① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 4번

간단한 해설

전체 순유출 전류는 **전류밀도의 발산을 체적 적분**하여 구한다. $\nabla \cdot \vec{J} = 8y + 1$에서 8y 항은 y의 대칭 구간에서 상쇄되므로, 상수항 1을 체적 전체에 적분한 전류는 8 A이다.

계산 과정

주어진 영역 V는 x, y, z가 각각 −1 m부터 1 m까지인 정육면체이다. 각 변의 길이는 2 m이므로 체적은 2 · 2 · 2 = 8 m^3이다. 구하는 전류 I는 이 영역의 닫힌 표면을 통해 **바깥으로 나가는 순전류**이다.

발산 정리에 따라 표면을 통과하는 순전류는 $I = \iiint_V (\nabla \cdot \vec{J}) dV$로 구한다. 전류밀도의 각 성분을 해당 좌표로 편미분하여 더하면 단위 체적당 순유출 전류인 발산을 얻는다.

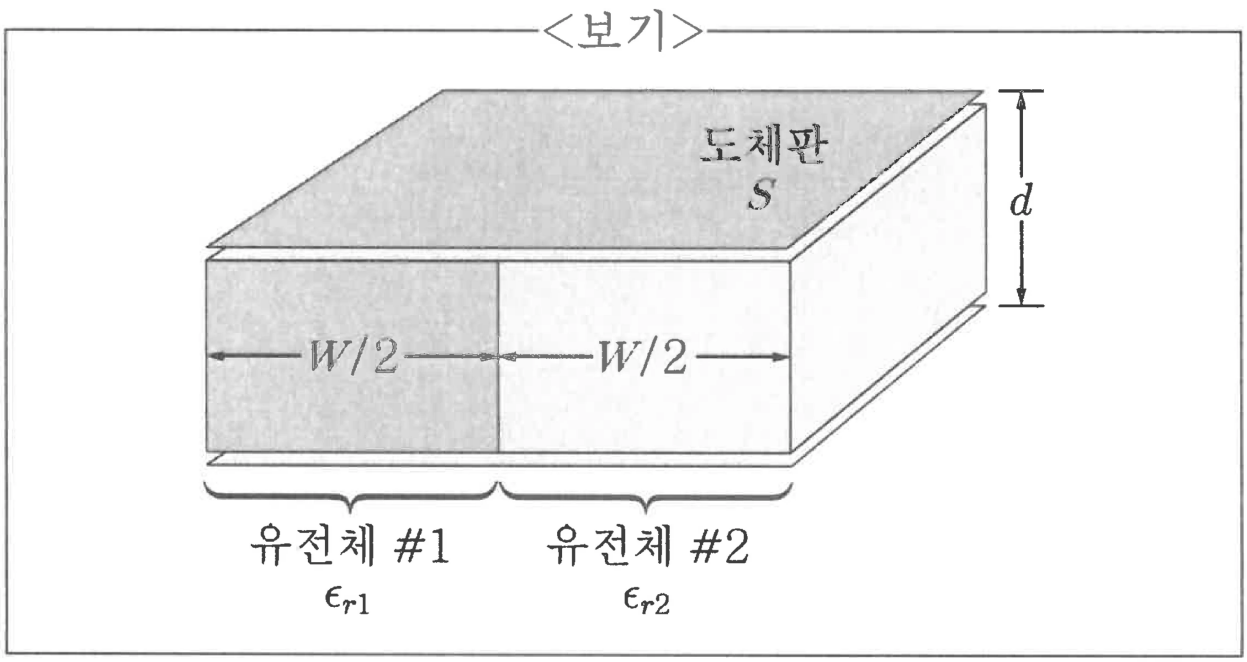
주어진 성분은 $J_x = 0$, $J_y = 4y^2$, $J_z = z$이다. 따라서 $\frac{\partial J_x}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial J_y}{\partial y} = 8y$, $\frac{\partial J_z}{\partial z} = 1$이므로 $\nabla \cdot \vec{J} = 8y + 1$이다. 발산의 단위는 A/$m^3$이다.

8y는 y에 대한 홀함수이므로 **대칭 구간에서 적분값이 0**이다. 즉, $\int_{-1}^{1} 8y dy = 0$이므로 전체 체적 적분에서도 이 항의 기여는 없다. 남은 상수항 1 A/m^3에 체적 8 m^3를 곱하면 I = 8 A이다. 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. <보기>와 같이 서로 다른 두 유전체로 반씩 채워진 평판 콘덴서의 정전용량의 값[F]은? (단, $\varepsilon_{r1}=10,\ \varepsilon_{r2}=4,\ \varepsilon_0=\frac{1}{36\pi}\times10^{-9}$[F/m], $d=2$[mm], $S=36\pi$[cm^2]이다.)

<보기>



① 1×10^{-6}

② 2.5×10^{-6}

③ 1.5×10^{-10}

④ 3.5×10^{-10}

정답 4번

간단한 해설

두 유전체가 극판 면적을 절반씩 차지하고 같은 두 극판 사이에 있으므로 **두 콘덴서의 병렬연결**로 계산한다. 각 부분의 정전용량을 더하면 전체 정전용량은 3.5×10^{-10}F이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 유전체 #1과 #2는 좌우로 나란히 놓여 있다. 각 부분의 극판 면적은 $S/2$, 극판 간격은 d이며, **두 부분에 걸리는 전압이 같으므로 병렬연결**에 해당한다. 따라서 전체 정전용량은 $C = C_1 + C_2$로 구한다.

길이와 면적을 SI 단위로 바꾸면 $d = 2 \times 10^{-3}\text{m}$, $S = 36\pi \times 10^{-4}\text{m}^2$이다. 면적은 **1 cm^2가** 10^{-4}m^2임에 주의한다.

가장자리 효과를 무시하는 평판 콘덴서의 정전용량은 $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r A/d$이다. 여기서 A는 해당 유전체가 차지하는 극판 면적이다. 계산의 기준으로 전체 면적 S를 진공으로 채웠을 때의 정전용량을 C_0라 두면, 주어진 값으로부터 $C_0 = \varepsilon_0 S/d = 5 \times 10^{-11}\text{F}$를 얻는다.

각 유전체는 전체 면적의 절반을 차지하므로, 각 부분의 정전용량은 C_0에 비유전율을 곱한 뒤 2로 나눈 값이다. 유전체 #1은 $C_1 = \frac{10}{2} C_0 = 2.5 \times 10^{-10}\text{F}$, 유전체 #2는 $C_2 = \frac{4}{2} C_0 = 1.0 \times 10^{-10}\text{F}$이다.

병렬연결에서는 두 부분에 저장된 전하가 합쳐지므로 정전용량도 더한다. 따라서
$C = C_1 + C_2 = 3.5 \times 10^{-10}\text{F}$이며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 도선 내부의 물질이 균질하여 모든 지점에서 비저항이 $1.6\times10^{-8}[\Omega\cdot m]$로 일정하고, 도선은 길이 방향으로 일정한 원형 단면을 가진다. 도선의 길이가 10[m], 단면적이 $2.0\times10^{-6}[m^2]$일 때, 이 도선의 저항값[Ω]은?

① 0.04

② 0.08

③ 0.16

④ 0.80

정답 2번

간단한 해설

균질하고 단면적이 일정한 도선의 저항은 **길이에 비례하고 단면적에 반비례**하므로 $R=\rho\frac{l}{A}$로 구한다. 주어진 비저항·길이·단면적을 대입하면 저항은 0.08 Ω이다.

계산 과정

도선의 저항을 R, 비저항을 ρ, 길이를 l, 단면적을 A라고 한다. **비저항과 단면적이 길이 방향으로 일정**하므로 $R=\rho\frac{l}{A}$를 적용한다. 같은 재료의 도선은 길수록 저항이 커지고, 단면적이 클수록 전류가 흐를 수 있는 통로가 넓어져 저항이 작아진다.

주어진 값은 $\rho=1.6\times10^{-8}\Omega\cdot m$, $l=10\ m$, $A=2.0\times10^{-6}m^2$이다. 모두 SI 단위이므로 별도의 단위 변환 없이 대입한다. 먼저 비저항과 길이의 곱은 $\rho l=1.6\times10^{-7}\Omega\cdot m^2$이다.

이 값을 단면적으로 나누면 $R=\frac{1.6\times10^{-7}}{2.0\times10^{-6}}\Omega$이고, $R=0.8\times10^{-1}\Omega=0.08\Omega$이다. 따라서 도선의 저항값은 0.08 Ω으로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 주파수 $f = 100[MHz]$를 가지는 전자기파가 공기 중에서 이동한 뒤, 물속을 통과하였다. 이 전자기파의 주파수, 전파속도, 파장의 변화에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, 물의 비유전율 $\varepsilon_r = 81$, 비투자율 $\mu_r = 1$이다.)

① 주파수, 전파속도, 파장 모두 변화 없다.

② 주파수, 전파속도와 파장은 모두 1/9배로 감소한다.

③ 주파수는 변화 없고, 전파속도와 파장은 모두 1/9배로 감소한다.

④ 주파수, 전파속도와 파장은 모두 9배로 증가한다.

정답 3번

간단한 해설

전자기파가 매질의 경계를 통과해도 **주파수는 변하지 않는다**. 주어진 물의 비유전율과 비투자율을 적용하면 전파속도는 공기 중의 1/9이 되며, 주파수가 일정하므로 **파장도 1/9**이 된다.

계산 과정

주파수: 정지한 매질의 경계에서는 전자기파의 시간적 진동이 이어져야 하므로 **입사파와 투과파의 주파수가 같다**. 따라서 물속에서도 주파수는 100 MHz이다. 계산에 사용할 때는 $f = 100 \times 10^6$Hz로 환산한다.

전파속도: 공기 중 전파속도는 진공에서의 광속 $c \approx 3 \times 10^8$m/s와 같게 근사한다. 손실을 무시한 매질에서는 유전율과 투자율이 전파속도를 결정하며, $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}$이다. 물에서는 $\sqrt{\varepsilon_r \mu_r} = \sqrt{81 \times 1} = 9$이므로 $v = \frac{c}{9}$이다. 즉, **전파속도는 공기 중의 1/9**이 되며 약 3.33×10^7m/s이다.

파장: 파장은 한 주기 동안 파가 진행한 거리이므로 $\lambda = \frac{v}{f}$이다. 공기 중 파장은 _공기=(3×10^8)/(100×10^6)=3 m이다. 물속에서도 **주파수가 일정하므로 파장은 전파속도와 같은 비율로 변한다**. 따라서 _물=_공기9=(1)/(3) m로 감소한다.

주파수는 변화 없고 전파속도와 파장은 모두 공기 중의 1/9이 되므로, ③의 설명과 일치한다.

NoteBase