

자격종목 및 등급 (선택분야)	종목코드	시험시간	형별		성명
전기자기학 추가문제					

[문 1] 어떤 삼각형의 두변을 표시하는 벡터가 $A = i + 4j + k$, $B = -i + 2j + 2k$ 일 때 이 삼각형의 면적은 얼마인가 ?(단, 모든 단위는 [m] 이다.)

- ① 2.5 ② 3.5
 ③ 4.5 ④ 13.5

[해설]

삼각형의 면적은 평행사변형 면적의 $\frac{1}{2}$ 이므로

$$S = \frac{1}{2} \times |A \times B|$$

$$A \times B = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 1 & 4 & 1 \\ -1 & 2 & 2 \end{vmatrix} = i(8-2) + j(-1-2) + k(2+4)$$

$$= 6i - 3j + 6k \text{ 이므로 } S = \frac{1}{2} \times \sqrt{6^2 + (-3)^2 + 6^2} = 4.5$$

【정 답】 ③

[문 2] $\nabla^2 \left(\frac{1}{r} \right)$ 의 값은 얼마인가 ?
 단, $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ 이다.

- ① 0 ② 1
 ③ -1 ④ 3

[해설]

$$\nabla^2 \left(\frac{1}{r} \right) = \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial z^2} \text{ 이때}$$

$$\frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{r}$$

$$1\text{번 미분 } \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{r} = \frac{\partial}{\partial x} (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{1}{2}} = -\frac{1}{2} (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} 2x = -x(x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}}$$

$$2\text{번 미분 } \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{r}$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left\{ -x \cdot (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} \right\}$$

$$\text{PS } [f(x)g(x)]' = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$$

$$= - (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} - \left\{ x \cdot -\frac{3}{2} (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}} \cdot 2x \right\}$$

$$\text{① } \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial x^2} = - (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} + 3x^2 (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}}$$

$$\text{② } \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial y^2} = - (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} + 3y^2 (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}}$$

$$\text{③ } \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial z^2} = - (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} + 3z^2 (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}}$$

$$\nabla^2 \left(\frac{1}{r} \right) = \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial z^2}$$

$$\text{①} + \text{②} + \text{③} = -3 (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} + 3(x^2 + y^2 + z^2)(x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}}$$

$$= -3 (x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} + 3(x^2 + y^2 + z^2)^{-\frac{3}{2}} = 0$$

【정 답】 ① 답만 보세요

[문 3] 간격 d [m]의 평행판 도체에 V [V]의 전위차를 주었을 때 음극 도체판을 초속도 0으로 출발한 전자 e [C] 이 양극 도체판에 도달 할때의 속도는 몇 [m/s]인가? (단 m [kg]은 전자의 질량이다)

- ① $\sqrt{\frac{eV}{m}}$ ② $\sqrt{\frac{2eV}{m}}$
 ③ $\sqrt{\frac{eV}{2m}}$ ④ $\frac{2eV}{m}$

[해설]

$$\text{전계의 에너지 } W = QV = eV[\text{J}]$$

$$\text{운동계 에너지 } W = \frac{1}{2} mv^2 [\text{J}], \quad eV = \frac{1}{2} mv^2 [\text{J}] \text{ 이므로}$$

$$\text{여기서 전자 } e[\text{C}], \text{ 전위차 } V[\text{V}], \text{ 질량 } m[\text{kg}],$$

$$\text{속도 } v[\text{m/s}]$$

$$\text{위 식을 정리하면 } v^2 = \frac{2eV}{m},$$

$$\text{속도 } v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} [\text{m/s}]$$

【정 답】 ②

[문 4] 진공중에 있는 대전 도체구의 표면 전하밀도가 $\sigma [C/m^2]$, 전위가 $V[V]$ 일 때 도체 표면의 법선 방향(바깥쪽)을 n 이라 할때 성립되는 관계식은?

- ① $\frac{\partial V}{\partial n} = -\sigma$ ② $\frac{\partial V}{\partial n} = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}$
- ③ $\frac{\partial V}{\partial n} = -\frac{2\sigma}{\epsilon_0}$ ④ $\frac{\partial V}{\partial n} = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

[해설]

전위의 기울기를 이용하면 $E = -\nabla \cdot V = -\frac{\partial V}{\partial n}$ 이고
구도체 표면에 전하밀도 $\sigma [C/m^2]$ 일 때 전기장 $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ 이므로
이를 대입하면
 $\frac{\partial V}{\partial n} = -E = -\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ 라 할수 있다

【정 답】 ②

[문 5] 도체2를 $Q[C]$ 로 대전된 도체 1에 접촉하면 도체 2가 얻는 전하는 몇 $[C]$ 이 되는지를 전위 계수로 표시하면? (단 $P_{11}, P_{12}, P_{22}, P_{21}$ 는 전위 계수이다)

- ① $\frac{P_{11} - P_{12}}{P_{11} - 2P_{12} + P_{22}} Q$ ② $\frac{P_{11} + P_{12}}{P_{11} - 2P_{12} + P_{22}} Q$
- ③ $\frac{P_{11} - P_{12}}{P_{11} + 2P_{12} + P_{22}} Q$ ④ $\frac{P_{11} + P_{12}}{P_{11} + 2P_{12} + P_{22}} Q$

[해설]

$V_1 = P_{11}Q_1 + P_{12}Q_2$, $V_2 = P_{21}Q_1 + P_{22}Q_2$
에서 접촉 후에는 전위가 같으므로 $V_1 = V_2$, 접촉 후
도체 1에 남아 있는 전하 Q_1 은 $Q_1 = Q - Q_2$ 로 감소하므로 이를 정리 하면

$$V_1 = P_{11}(Q - Q_2) + P_{12}Q_2 = V_2 = P_{21}(Q - Q_2) + P_{22}Q_2$$

$$P_{11}Q - P_{11}Q_2 + P_{12}Q_2 = P_{21}Q - P_{21}Q_2 + P_{22}Q_2$$

여기서 $P_{12} = P_{21}$

$$(P_{11} - P_{12})Q = (P_{11} - P_{12} - P_{21} - P_{22})Q_2$$

$$Q_2 = \frac{P_{11} - P_{12}}{P_{11} - 2P_{12} + P_{22}} Q [C]$$

【정 답】 ①

[문 6] 반지름 10[cm]인 도체구에 9[C]의 전하가 분포되어있다 이도체구에 반지름 5[cm]인 도체구 B를 접촉 시켰을 때 도체구B로 이동한 전하는 몇[C]인가?

- ① 3 ② 9
- ③ 18 ④ 24

[해설]

두 도체구를 접촉시키면 중화현상에 의해 전위는 공통 전위이므로

$C_2 [F]$ 에 분배 받는 전하

$$Q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} Q = \frac{C_2}{C_1 + C_2} (Q_1 + Q_2) [C]$$

반지름 10[cm] 도체구 $C_1 = 4\pi\epsilon_0 r_1 [F]$ 전하 $Q_1 = 9[C]$

반지름 5[cm] 도체구 $C_2 = 4\pi\epsilon_0 r_2 [F]$ 전하 $Q_2 = 0[C]$

이를 위 식에 대입 정리 하면

$$Q_2 = \frac{r_2}{r_1 + r_2} Q_1 = \frac{5}{5 + 10} \times 9 = 3 [C]$$

별해

$$V = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1} = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2} [V] \text{로 성립하면}$$

$$Q_2 = \frac{4\pi\epsilon_0 r_2}{4\pi\epsilon_0 r_1} Q_1 = \frac{r_2}{r_1} Q_1$$

여기서 전하분배법칙 $Q = Q_1 + Q_2$ 이므로

$$Q_2 = \frac{r_2}{r_1} Q_1 = \frac{r_2}{r_1} (Q - Q_2) = \frac{5}{10} (9 - Q_2)$$

$Q_2 = 4.5 - 0.5Q_2$, $4.5 = Q_2 + 0.5Q_2$, $4.5 = 1.5Q_2$ 이므로 이
때 $Q_2 = 3[C]$

【정 답】 ①

[문 7] 서로 멀리 떨어져 있는 두 도체를 $V_1, V_2 (V_1 > V_2)$ 의 전위로 충전한 후 가느다란 도선으로 연결하였을 때 그 도선을 흐르는 전하 $Q[C]$ 는 ? (단, C_1, C_2 는 두 도체의 정전용량이라 한다.)

- ① $\frac{C_1^2}{C_1 + C_2} (V_1 - V_2)$ ② $\frac{(C_1 + C_2)^2}{C_1 C_2} (V_1 - V_2)$
- ③ $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} (V_1 - V_2)$ ④ $\frac{1}{2} \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right) (V_1 - V_2)$

[해설] 병렬연결시 각각 충전 후 두 개를 가는 선으로 연결 시 공통 전위

$$V = \frac{\text{합성전하량}}{\text{합성정전용량}} = \frac{Q_1 + Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{C_1 + C_2} [V] \text{가 된다.}$$

[문 13] 유전율 ϵ_1 과 ϵ_2 인 두 유전체가 경계를 이루어 접하고 있는 경우 유전율이 ϵ_1 인 영역에 전하 Q 가 존재할 때 이 전하에 작용하는 힘에 대한 설명으로 옳은 것은 ?

- ① $\epsilon_1 > \epsilon_2$ 인 경우 반발력이 작용한다.
- ② $\epsilon_1 > \epsilon_2$ 인 경우 흡인력이 작용한다.
- ③ ϵ_1 과 ϵ_2 값에 상관없이 반발력이 작용한다.
- ④ ϵ_1 과 ϵ_2 값에 상관없이 흡인력이 작용한다.

[해설]

매질 ϵ_1 중의 전계는 모든 매질을 ϵ_1 로 하고 Q 의 대칭점(거리 $2a$)에 $Q' = \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 + \epsilon_1} Q$ 의 전하가 있는 경우와 같다.

즉, Q 에 작용하는 힘 F 는 거리 $2a$ 가 떨어진 경우의 쿨롱력과 같으며

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_1} \cdot \frac{QQ'}{(2a)^2} = -\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_1 a^2} \cdot \frac{\epsilon_2 - \epsilon_1}{\epsilon_2 + \epsilon_1} [N]$$

$\therefore \epsilon_1 > \epsilon_2$ 이며 F 는 (+)가 되어 반발력이 작용한다.

【정 답】 ①

[문 14] $E[V/m]$ 의 평등전계를 가진 절연유(비유전율 ϵ_r)중에 있는 구형기포 내의 전계의 세기는 몇 $[V/m]$ 인가?

- ① $\frac{2\epsilon_r}{3\epsilon_r + 1} E$ ② $\frac{\epsilon_r}{2\epsilon_r + 1} E$
- ③ $\frac{3\epsilon_r}{2\epsilon_r + 1} E$ ④ $\frac{\epsilon_r}{3\epsilon_r + 1} E$

[해설]

구형 기포내의 전계의 세기 $E_i = \frac{3\epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} E$

절연유 $\epsilon_1 = \epsilon_0 \epsilon_r$ 기포 $\epsilon_2 = \epsilon_0$ 를 대입하면

$$E_i = \frac{3\epsilon_1}{2\epsilon_1 + \epsilon_2} E = \frac{3\epsilon_r}{2\epsilon_r + 1} E$$

【정 답】 ③ 답만보세요

[문 15] 유전율 $\epsilon_1 [F/m]$, $\epsilon_2 [F/m]$ 인 두종류의 유전체가 무한 평면을 경계로 접해있다 유전체 내에서 경계면으로부터 $r[m]$ 만큼 떨어진 점P에 점전하 $Q[C]$ 이 있을 때 점전하와 유전체 $\epsilon_2 [F/m]$ 사이에 작용하는 힘[N]은 ?

- ① $\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_1 r^2} \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$ ② $\frac{Q}{4\pi\epsilon_1 r^2} \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$
- ③ $\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_1 r^2} \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$ ④ $\frac{Q}{16\pi\epsilon_1 r^2} \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$

[해설]

매질 ϵ_1 중의 전계는 모든 매질을 ϵ_1 로 하고 Q 의 대칭점(거리 $2a$)에 $Q' = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} Q$ 의 전하가 있는 경우와 같다.

즉, Q 에 작용하는 힘 F 는 거리 $2a$ 가 떨어진 경우의 쿨롱력과 같으며

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_1} \cdot \frac{QQ'}{(2r)^2} = -\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_1 r^2} \cdot \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} [N]$$

【정 답】 ③ 앞에 공식만 확인 하시면 됩니다

[문 16] 비유전율이 ϵ_r 인 유전체 표면에서 d_1 만큼 떨어져 있는 점전하 Q 에 작용하는 힘의 크기와 유전체 표면에서 d_2 만큼 떨어져 있는 점전하 $2Q$ 에 작용하는 힘의 크기가 같을 때 d_2 는?

- ① $d_2 = 0.5d_1$ ② $d_2 = d_1$
- ③ $d_2 = 1.5d_1$ ④ $d_2 = 2d_1$

[해설] $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_1} \cdot \frac{QQ'}{(2d)^2} = \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_1 d^2} \cdot \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$

1) 점전하 Q , d_1 , $\epsilon_1 = \epsilon_0$, $\epsilon_2 = \epsilon_0 \epsilon_r$ 로부터

$$F = \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 d_1^2} \cdot \frac{\epsilon_0 - \epsilon_0 \epsilon_r}{\epsilon_0 + \epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 d_1^2} \cdot \frac{1 - \epsilon_r}{1 + \epsilon_r} [N]$$

2) 점전하 $2Q$, d_1 , $\epsilon_1 = \epsilon_0$, $\epsilon_2 = \epsilon_0 \epsilon_r$ 로부터

$$F = \frac{(2Q)^2}{16\pi\epsilon_0 d_2^2} \cdot \frac{\epsilon_0 - \epsilon_0 \epsilon_r}{\epsilon_0 + \epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{4Q^2}{16\pi\epsilon_0 d_2^2} \cdot \frac{1 - \epsilon_r}{1 + \epsilon_r} [N]$$

3) $F_1 = F_2$ 조건

$$d_2^2 = 4d_1^2 \quad d_2 = 2d_1$$

【정 답】 ④

[문 17] 길이가 1[cm], 지름이 5[mm]인 동선에 1[A]의 전류를 흘렸을 때 전자가 동선에 흐르는데 걸린 평균 시간은 대략 얼마인가 ?(단, 동선에서의 전자 밀도는 1×10^{28} [개/m³]라고 한다.)

- ① 3 丕 ② 31 丕 ③
314 丕 ④ 3147 丕

[해설]

동선의 단위체적당 전자수(전자밀도) n , 전자 한 개의 전하량 e 이고 체적 $v = Sl [m^3]$ 하면 총 전하량

$Q = neSl$ 이므로 $I = \frac{Q}{t}$ 에서 시간 t 는 이므로

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{neSl}{I} = \frac{ne\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)l}{I}$$

$$t = 1 \times 10^{28} \times 1.602 \times 10^{-19} \times \frac{\pi (5 \times 10^{-3})^2}{4} \times 1 \times 10^{-2} \approx 314 [\text{초}]$$

【정답】 ③

[문 18] 구리 중에는 $1[\text{cm}^3]$ 에 8.5×10^{22} 개의 자유 전자가 있다. 단면적 $2[\text{mm}^2]$ 의 구리선에 $10[\text{A}]$ 의 전류가 흐를 때의 자유 전자의 평균 속도는 약 몇 $[\text{cm/s}]$ 인가?

- ① 0.037 ② 0.37
③ 3.7 ④ 37

[해설]전도 전류 밀도는

$$i_c = \frac{I_c}{S} = kE = \frac{E}{\rho} = nev = Qv \text{ [A / m}^2\text{]}$$

전도전류 $I_c = i_c \cdot S = kES = \frac{E}{\rho} S = nevS = QvS[A]$

$$i_c = \frac{I_c}{S} = \frac{10}{2 \times 10^{-6}} = 5 \times 10^6 [\text{A} / \text{m}^2] = 500 [\text{A} / \text{cm}^2]$$

今日

$$v = \frac{I}{neS} = \frac{i}{ne} = \frac{500}{8,5 \times 10^{22} \times 1,602 \times 10^{-19}} = 0,0367 [\text{cm} / \text{s}]$$

【정답】 ①

[문 19] 다음 중 20[℃]에서 저항온도계수(temperature coefficient of resistance)가 가장 큰 것은 ?

- ① Ag ② Cu
③ Al ④ Ni

[해설]

저항 온도계수

- 은 : 0.00405
- 구리 : 0.00393
- 알루미늄 : 0.0042
- 니켈 : 0.0054

【정답】 ④

[문 20] $\nabla \cdot J = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$ 에 대한 설명으로 옳지 않은 것은 ?

- ① “-” 부호는 전류가 폐곡면에서 유출되고 있음을 뜻한다.
- ② 단위 체적당 전하 밀도의 시간당 증가 비율이다.
- ③ 전류가 정상 전류가 흐르면 폐곡면에 통과하는 전류는 0(ZERO)이다.
- ④ 폐곡면에서 수직으로 유출되는 전류밀도는 미소체적인 한 점에서 유출되는 단위 체적당 전류가 된다.

[해설] 전류의 연속 방정식 $\nabla \cdot J = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$ 으로부터 전류 밀도의 발산을 체적전하밀도의 단위시간당 감소(-)비율을 의미하고, 정상전류에서는 $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ (ρ 일정) 이므로 $\nabla \cdot J = 0$ 이다.

【정답】 ②

[문 21] 원점 주위의 전류 밀도가 $J = \frac{2}{r} ar$ [A/m²]의 분포를 가질 때 반지름 5[cm]의 구면을 지나가는 전 전류는 몇 [A] 인가?

- ① 0.1π ② 0.2π
③ 0.3π ④ 0.4π

[해설]

전류 $I = i \cdot S[\text{A}]$ 전류밀도 $i = i_c = J = \frac{I}{S} [\text{A}/\text{m}^2]$

전류밀도 $J = \frac{2}{r}a_r [\text{A/m}^2]$ 여기서 a_r 을 단위벡터로 보면

$$a_r = 1$$

구의 표면적 $S = 4\pi r [\text{m}^2]$ 여기서 $r[\text{m}]$ 은 반지름

$$I = J \cdot S = J \cdot 4\pi r^2 = \frac{2}{r} \times 4\pi r^2$$

$$= 8\pi r = 8\pi \times 5 \times 10^{-2} = 0.4\pi [\text{A}]$$

【정답】 ④

[문 22] 임의의 폐곡선 C 와 채교하는 자속수 ϕ 를 벡터 퍼텐셜 A 로 표시하면 ?

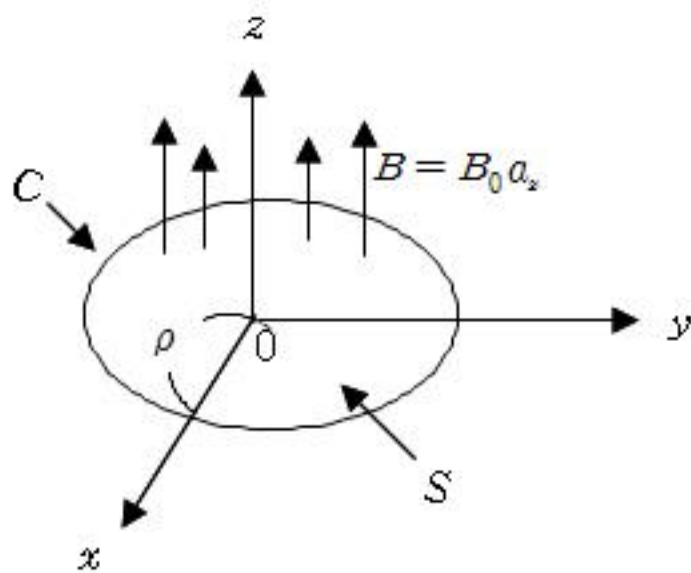
- ① $\phi = \oint_C A dl$ ② $\phi = \int_s A \cdot nds$
 ③ $\phi = \int_v \text{div} A dv$ ④ $\phi = \text{rot} A$

[해설]

$$\phi = B \cdot S = \int_s B dS = \int_s \text{rot} A \cdot AdS \quad \text{스토크스의 정리를 이용하면} \quad \phi = \int_s \text{rot} A \cdot AdS = \oint_C A dl$$

【정답】 ①

[문 23] 그림과 같은 반지름 ρ [m]인 원형 영역에 걸쳐 균등 자속밀도가 $B = B_0 a_z$ [T]로 측정되었다면 그 원형 영역내의 벡터퍼텐셜 A [Wb/m]는 얼마인가 ?



- ① $\frac{\rho B_0}{2\pi} a_z$ ② $\frac{\rho B_0}{2\pi} a_\phi$
 ③ $\frac{\rho B_0}{2} a_z$ ④ $\frac{\rho B_0}{2} a_\phi$

[해설]

$$B = \text{rot} A = \nabla \times A,$$

스토크스정리 이용

$$\phi = B \cdot S = \int_s B dS = \int_s \text{rot} A \cdot AdS = \oint_C A dl$$

$$S = \pi r^2 = \pi \rho^2 [\text{m}^2] \text{를 이용}$$

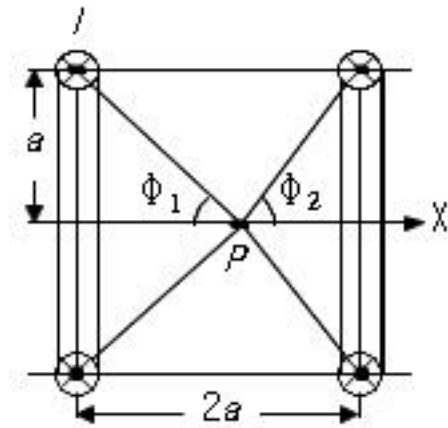
$$\oint_C A \cdot dl = \int_0^{2\pi} A dl = A \cdot 2\pi \rho$$

$$\phi = B_0 \cdot \pi \rho^2 = A \cdot 2\pi \rho \text{라 한다면 } A = \frac{\pi \rho^2 B_0}{2\pi \rho} = \frac{\rho B_0}{2}$$

$$A = A a_\phi = \frac{\rho B_0}{2} a_\phi$$

【정답】 ④ 답만 보세요

[문 24] 각각 반지름이 a [m]인 두 개의 원형코일이 그림과 같이 서로 $2a$ [m] 떨어져 있고 전류 I [A]가 표시된 방향으로 흐를 때 중심선상의 P 점의 자계의 세기는 몇 [A/m]인가 ?



- ① $\frac{I}{2a} (\sin^3 \phi_1 + \sin^3 \phi_2)$ ② $\frac{I}{2a} (\sin^2 \phi_1 + \sin^2 \phi_2)$
 ③ $\frac{I}{2a} (\cos^3 \phi_1 + \cos^3 \phi_2)$ ④ $\frac{I}{2a} (\cos^2 \phi_1 + \cos^2 \phi_2)$

[해설]

원형코일 중심축상의 자계의 세기 H [AT/m]

㉠ 반지름 a [m]이고 중심축상 거리가 x [m]인 원형코일 중심축상의 자계의 세기는

$$H_1 = \frac{a^2 I}{2(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{I}{2a} \frac{a^3}{[(a^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}]^3} = \frac{I}{2a} \sin^3 \phi_1 [\text{AT/m}] \text{이다.}$$

㉡ 같은 방법으로 $H_2 = \frac{I}{2a} \sin^3 \phi_2 [\text{AT/m}]$ 가 된다. 이 때 P 점의 자계가 된다.

$$H_P = H_1 + H_2 = \frac{I}{2a} (\sin^3 \phi_1 + \sin^3 \phi_2) [\text{AT/m}]$$

[Tip]

$$\sqrt{a^2 + x^2} = (a^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} \quad \sin \phi_1 = \frac{\text{높이}}{\text{빗변}} = \frac{a}{(a^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

【정답】 ① 답만 보세요

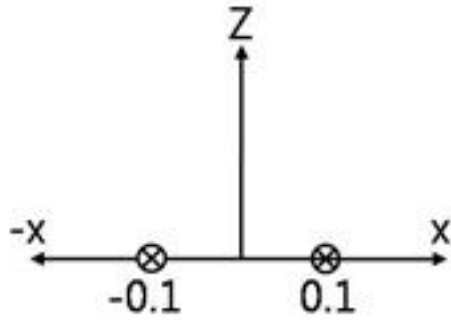
[문 25] 평등자계내의 내부로 ㉠자계와 평행한 방향, ㉡자계와 수직인 방향으로 일정속도의 전자를 입사시킬 때 전자의 운동 궤적을 바르게 나타낸 것은 ?

- ① ㉠ : 원, ㉡ : 타원 ② ㉠ : 직선 ㉡ : 타원
 ③ ㉠ : 직선 ㉡ : 원 ④ ㉠ : 원 ㉡ : 원

[해설]

자계와 평행입사 $F = 0$ 이 되므로 처음과 같은 직선궤적
 자계와 수직입사 $F = evB$ 가 되며 플레밍 왼손법칙에 의해 원궤적
 【정답】 ③

[문 25] 두 개의 길고 직선인 도체가 평행으로 그림과 같이 위치하고 있다. 각도체에는 10[A]의 전류가 같은 방향으로 흐르고 있으며, 이격거리는 0.2[m]일 때 오른쪽 도체의 단위길이당 힘[N/m]은 ? (단 a_x, a_z 는 단위 벡터이다.)



- ① $10^{-2}(-a_x)$ ② $10^{-4}(-a_x)$
 ③ $10^{-2}(-a_z)$ ④ $10^{-4}(-a_z)$

[해설]

$$F = F \cdot \vec{n}$$

$$F_1 = F_2 = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d} = \frac{2I^2}{d} \times 10^{-7} = \frac{2 \times 10^2}{0.2} \times 10^{-7} = 10^{-4} [\text{N/m}]$$

전류가 같은 방향이므로 흡인력이 작용하여 그 방향은 플레밍의 왼손 법칙에 의해 $\vec{n} = -a_x$

【정답】 ②

[문 26] 진공 중의 MKS 유리화 단위계에서 정전하간의 정

전력 $F = \frac{Q_1 Q_2}{\alpha_0 R^2} [\text{N}]$, 자하간의 자기력 $F = \frac{m_1 m_2}{\beta_0 R^2} [\text{N}]$ 및

전류와 자계간의 전자력 $F = \frac{m I \sin \theta}{\gamma_0 R^2} [\text{N}]$ 이다. 상수

$\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ 상호간의 관계식 $\frac{\gamma_0^2}{\alpha_0 \beta_0}$ 의 값은 ?

- ① 3×10^3 ② 3×10^{10}
 ③ 9×10^{16} ④ 9×10^{20}

[해설]

$$\text{정전하간의 정전력 } F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon_0 R^2} [\text{N}] \quad \alpha_0 = 4\pi \epsilon_0$$

$$\text{자하간의 자기력 } F = \frac{m_1 m_2}{4\pi \mu_0 R^2} [\text{N}] \quad \beta_0 = 4\pi \mu_0$$

전류와 자계간의 전자력

$$F = B I \sin \theta = \mu_0 H I \sin \theta = \frac{\mu_0 I \sin \theta}{4\pi \mu_0 R^2} [\text{N}]$$

$$F = \frac{I \sin \theta}{4\pi R^2} [\text{N}] \quad \gamma_0 = 4\pi \text{ 이므로}$$

$$\frac{\gamma_0^2}{\alpha_0 \beta_0} = \frac{(4\pi)^2}{4\pi \times 8.855 \times 10^{-12} \times 4\pi \times 10^{-7}} = 8.98 \times 10^{16} \approx 9 \times 10^{16}$$

【정답】 ③

[문 27] 다음 중 정상 자계(시불변 자계)의 원천이 아닌 것은 ?

- ① 도선을 흐르는 직류 전류
 ② 영구자석
 ③ 가속도를 가지고 이동하는 전하
 ④ 일정한 속도로 회전하는 대전원반

[해설]

시불변 자계란 전류에 의한 자계의 세기가 일정한 자계를 말한다

【정답】 ③

[문 28] 다음 중 단위 체적당 발산 자화력 선수를 나타내는 식은 ?

- ① $\nabla \times P$ ② $\nabla \times M$
 ③ $\nabla \cdot M$ ④ $\nabla \cdot P$

[해설]

- 1) $\nabla \times P$: 단위 면적의 페루프네 회전 분극선수
 2) $\nabla \times M$: 단위 면적의 페루프네 회전 자화력선수
 3) $\nabla \cdot M$: 단위체적당 발산 자화력선수
 4) $\nabla \cdot P$: 단위체적당 발산 분극선수

【정답】 ③

[문 29] 균등자장 H_0 중에 비투자율 μ_s , 반지름 a 의 자성체구를 놓았을 때 자화의 세기가 M 이었다면 자성체구의 내부자계의 세기는 ?

- ① $-\frac{M}{2}$ ② $-\frac{M}{3}$
 ③ $\frac{M}{2}$ ④ $\frac{M}{3}$

[해설]

z 축의 방향으로 균일하게 자화된 $M = Mk$ 인 자성체구를 생각한다면 구내부의 스칼라 자기포텐셜 ϕ 는 라플라스의 경계조건을 만족하므로 M 은

$$r \text{ 및 } \theta \text{의 함수이므로 } \phi = \frac{1}{3} M r \cos \theta = \frac{1}{3} M k$$

[문 35] 동축케이블의 단위길이당 자기인덕턴스는 ?
(단, 동축선 자체의 내부 인덕턴스는 무시하는 것으로 한다.)

- ① 두 원통의 반지름의 비에 정비례한다.
- ② 동축선의 투자율에 비례한다.
- ③ 동축선간 유전체의 투자율에 비례한다.
- ④ 동축선에 흐르는 전류의 세기에 비례한다.

[해설]

동축 케이블(원통)사이의 자기인덕턴스 이므로
동축선간 유전체의 투자율에 비례한다. 【정답】 ③

[문 36] 지상 h [m]의 높이에 가설된 반지름 a [m]인
전선에 교류를 흘렸을 경우 단위 길이당 인덕턴스[H/m]
는 ?(단, 전선의 비투자율은 μ_s 이다.)

- ① $L = \frac{\mu_0}{\pi} \left[\log \frac{h}{a} + \frac{\mu_s}{2} \right]$
- ② $L = \frac{\mu_0}{4\pi} \left[\log \frac{h}{2a} + \mu_s \right]$
- ③ $L = \frac{\mu_0}{2\pi} \left[\log \frac{2h}{a} + \frac{\mu_s}{4} \right]$
- ④ $L = \frac{\mu_0}{3\pi} \left[\log \frac{h}{3a} + \frac{\mu_s}{3} \right]$

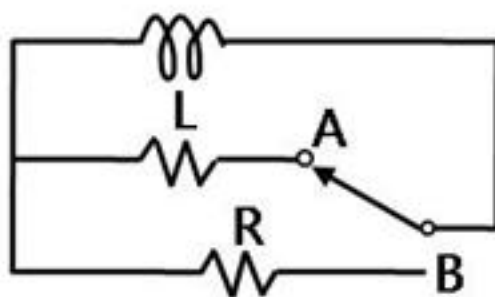
[해설]

$$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} l_n \frac{2h}{a} (\text{외부}) + \frac{\mu l}{8\pi} (\text{내부}) \text{ [H]}$$

$$= \frac{\mu_0}{2\pi} l_n \frac{2h}{a} + \frac{\mu}{8\pi} \text{ [H/m]} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left[l_n \frac{2h}{a} + \frac{\mu_s}{4} \right] \text{ [H/m]}$$

【정답】 ③

[문 37] 그림과 같은 회로에서 스위치를 최초 A에 연결
하여 일정 전류 I_0 [A]를 흘린 다음, 스위치를 급하게 B로
전환 할때 저항 R [Ω]에는 1[s]간에 얼마만한 열량[cal]
이 발생하는가 ?



- ① $\frac{1}{8.4} L I_0^2$
- ② $\frac{1}{4.2} L I_0^2$
- ③ $\frac{1}{2} L I_0^2$
- ④ $L I_0^2$

[해설]

코일의 축적에너지 (전자에너지) :

$$W = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{\phi^2}{2L} = \frac{1}{2} \phi I \text{ [J]}$$

코일에 전류를 인가시 축적되는 에너지 $W = \frac{1}{2} L I_0^2$ [J]는
저항에 의해 열에너지로 소모되므로

$$\text{열량 } H = 0.24 W = \frac{1}{4.2} W = \frac{1}{4.2} \times \frac{1}{2} L I_0^2 = \frac{1}{8.4} L I_0^2 \text{ [cal]} \text{가}$$

된다

【정답】 ①

[문 38] 150[H] 인 같은 코일 2 개를 직렬로 자속이 감
쇠하는 방향으로 접속하였더니,합성 인덕턴스가 10[H]였
다. 이 때, 상호 인덕턴스[H]는 ?

- ① 45
- ② 145
- ③ 200
- ④ 245

[해설]

직렬 연결시 자속이 감쇠하는 방향이라는 뜻은 전류가 반
대로 흘렀다는 뜻이다. 그러므로 차동접속

$$L = L_1 + L_2 - 2M, \quad 10 = 150 + 150 - 2M$$

$$M = \frac{300 - 10}{2} = 145 \text{ [H]}$$

【정답】 ②

[문 39] 서로 결합하고 있는 두 코일 C_1 과 C_2 의 자기 인
덕턴스가 각각 L_1 , L_2 라고 한다.이들을 직렬로 연결하여
합성 인덕턴스 값을 얻은후 두 코일간 상호 인덕턴스의
크기 $|M|$ 을 얻고자 한다. 직렬로 연결할 때 두 코일 간
자속이 서로 가해져서 보강되는 방향이 있고, 서로 상쇄
되는 방향이 있다, 전자의 경우 얻은 합성 인덕턴스의
값이 L_1 , 후자의 경우 얻은 합성인덕턴스의 값이 L_2 일
때 다음 중 알맞은 식은 ?

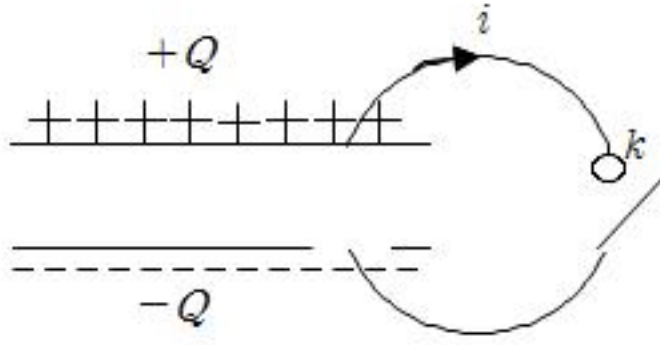
- ① $L_1 < L_2, |M| = \frac{L_2 + L_1}{4}$
- ② $L_1 > L_2, |M| = \frac{L_1 + L_2}{4}$
- ③ $L_1 < L_2, |M| = \frac{L_2 - L_1}{4}$
- ④ $L_1 > L_2, |M| = \frac{L_1 - L_2}{4}$

[해설]

$$L_1 \text{ 가동 } L_2 \text{ 차동 이므로 } L_1 > L_2, \quad M = \frac{L_1 - L_2}{4}$$

【정답】 ④

[문 40] 그림에서 축전기를 $\pm Q$ 로 대전한 후 스위치 k 를 닫고 도선에 전류 i 를 흘리는 순간의 축전기 두 판 사이의 변위전류는 ?



- ① $+Q$ 판에서 $-Q$ 판 쪽으로 흐른다.
- ② $-Q$ 판에서 $+Q$ 판 쪽으로 흐른다.
- ③ 왼쪽에서 오른쪽으로 흐른다.
- ④ 오른쪽에서 왼쪽으로 흐른다.

[해설] 변위 전류 : 전속밀도의 시간적 변화에 의한 것으로 하전체에 의하지 않는 전류로 유전체에서 전하의 이동으로 발생하는 전류이므로 스위치를 닫으면 축전기는 방전을하는 상태이므로 방전시에는 도체를 흐르는 전도전류는 $+Q[C]$ 에서 $-Q[C]$ 로 흘러 들어가고 축전기내에 전해액(유전체)내에서는 $-Q[C]$ 에서 $+Q[C]$ 로 전도전류와 반대로 구속되지 않는 변위전류가 흐르게 된다

【정답】 ②

[문 41] 유전체내의 전기의 세기가 E , 분극의 세기가 P , 유전율이 ϵ_0 인 유전체내의 변위 전류 밀도는 ?

- ① $\epsilon \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t}$
- ② $\epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t}$
- ③ $\left(\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t} \right)$
- ④ $\epsilon \left(\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t} \right)$

[해설]

분극의 세기 $P = \epsilon_0 (\epsilon_s - 1)E = \epsilon_0 \epsilon_s E - \epsilon_0 E = D - \epsilon_0 E [C/m^2]$

분극시 전체 전속밀도 $D = P + \epsilon_0 E [C/m^2]$

변위 전류 밀도 $i_D = \frac{\partial D}{\partial t} = \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial t} [A/m^2]$

【정답】 ②

[문 42] 도전율 $\sigma = 4[S/m]$, 비투자율 $\mu_s = 1$, 비유전율 $\epsilon_s = 81$ 인 바닷물 중에서 최소한 유전손실정점($\tan \delta$)이 100 이상이 되기 위한 주파수 범위[MHz]는 ?

- ① $f \leq 2.23$
- ② $f \leq 4.45$
- ③ $f \leq 8.89$
- ④ $f \leq 17.78$

[해설]

$$\tan \delta = \frac{i_c}{i_D} = \frac{kE}{w \epsilon E} = \frac{k}{2 \pi \epsilon} \times \frac{1}{f} = \frac{f_c}{f}$$

$$\tan \delta = \frac{\sigma(k)}{2 \pi f \epsilon} = \frac{4}{2 \pi \times 8.855 \times 10^{-12} \times 81 \times f} \geq 100$$

$$f \leq 8.89 [MHz]$$

【정답】 ③

[문 43] 자유공간에서 전파

$E(z, t) = 10^3 \sin(\omega t - \beta z) a_y [V/m]$ 일 때 자파

$H(z, t) [A/m]$ 는?

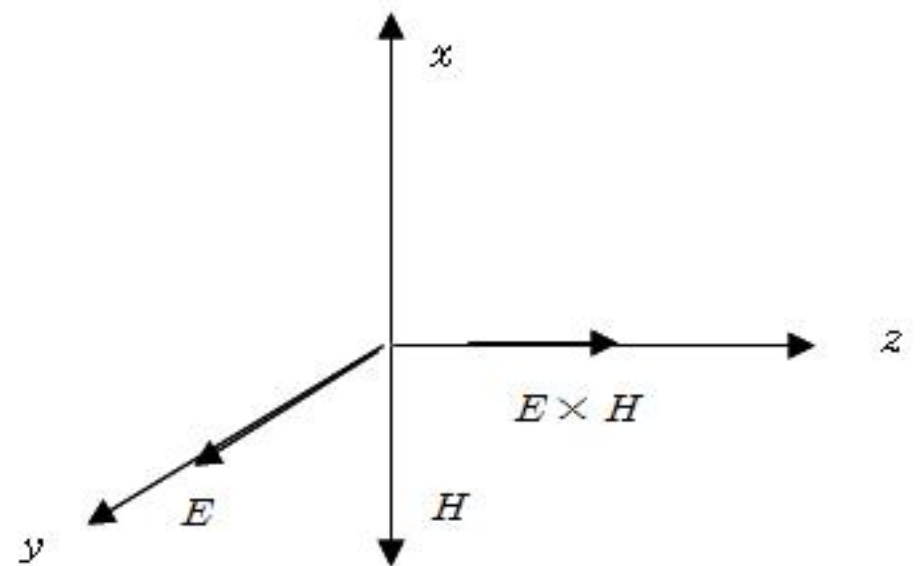
- ① $\frac{10^3}{120\pi} \sin(\omega t - \beta z) a_x$
- ② $\frac{10^3}{120\pi} \sin(\omega t - \beta z) a_z$
- ③ $-\frac{10^3}{120\pi} \sin(\omega t - \beta z) a_x$
- ④ $-\frac{10^3}{120\pi} \sin(\omega t - \beta z) a_z$

[해설]

전파 E 의 크기는 a_y 방향 진행파는 a_z 방향 즉 z 의 방향이 된다

전자파의 진행방향은 $E \times H$ 방향이므로

그림과 같이 자파 H 는 $-a_x$ 방향이 된다



이때 자파의 최대값은 $H = \frac{E}{Z}$ 이므로 최대값 $E_m = 10^3$

$H = \frac{10^3}{120\pi}$ 이 된다

$H(z, t) = -\frac{10^3}{120\pi} \sin(\omega t - \beta z) a_x$ 라 할수 있다

【정답】 ④ 답만 보세요

[문 44] 전자계에서 전파 속도와 관계가 없는 것은 ?

- ① 도전율 ② 유전율
- ③ 비투자율 ④ 주파수

[해설]

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \lambda f [\text{m/s}]$$

유전율, 투자율, 주파수, 파장에 관계가 있다. 【정답】 ①

[문 45] 전기 및 자계가 Z 방향의 성분을 갖지 않는 동일한 전기와 자계를 합한 면이 Z 축에 수직이 되는 파를 무엇이라 하는가?

- ① 직선파 ② 전자파
- ③ 굴절파 ④ 평면파

[해설]

평면파는 진행파의 진행방향에 대하여 수직인 무한평면 내에 진행파의 크기 및 위상이 같은 파를 의미 한다
【정답】 ④

[문 46] 안지름 1[mm] 바깥지름이 10[mm] 인 동축케이블에서 내부도체와 외부 도체사이에 폴리에틸렌($\epsilon_s = 2.3$, $\mu_s = 1$)을 채우면 특성임피던스는 몇 [Ω]인가 ?

- ① 91 ② 115
- ③ 135 ④ 161

[해설]

동축케이블의 특성임피던스 $b > a$

$$Z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \ln \frac{b}{a} = \frac{377}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu_s}{\epsilon_s}} \ln \frac{b}{a} [\Omega]$$

$$Z = \frac{377}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2.3}} \ln \frac{10}{1} = 91.098 [\Omega] \quad \text{【정답】 ①}$$