

정 전 계

$$F = QE = \frac{DE}{2} = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\epsilon_0}$$

$$W = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

$$V \text{ (전위)} = [V], [C/F] = \frac{Q}{C}$$

$$E \text{ (전계세기)} = [V/m], [N/C]$$

$$E = 377 H$$

$$P(\text{포인팅 벡터}) = EH = 377 H^2 = \frac{E^2}{377} [W/m^2]$$

$$D \text{ (전속밀도)} = [C/m^2] = \epsilon_0 E = \frac{Q}{S}$$

$$Q \text{ (전하)} = [C], [A \cdot \text{sec}] = CV = ne = It$$

$$C \text{ (정전용량)} = [F], [C/V] = \frac{Q}{V}$$

$$\epsilon_0 \text{ (유전율)} = [F/m] = 8.855 \times 10^{-12}$$

$$(4\pi \epsilon_0)^{-1} = 9 \times 10^9$$

$$P \text{ (분극의 세기)} = D - \epsilon_0 E = \epsilon_0 (\epsilon_s - 1) E$$

$$e \text{ (전하량)} = [C] = 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\rho \text{ (고유저항)} = [\Omega \cdot m]$$

$$k \text{ (도전율)} = 1 / \rho [\text{S/m}]$$

$$RC = \rho \epsilon_0 \quad I(\text{누설 전류}) = \frac{CV}{CR} = \frac{CV}{\rho \epsilon_0}$$

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2} = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$E = \frac{M}{4\pi \epsilon_0 r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \theta}$$

$$V = \frac{M}{4\pi \epsilon_0 r^2} \cos \theta \quad [M = Ql]$$

$$V = \frac{M}{2\epsilon_0} (1 - \cos \theta) \quad [M = ql]$$

단위 & 관계공식

$$F \text{ (힘)} = [N], [N/m^2]$$

$$W \text{ (일)} = [J], [N \cdot m]$$

정 자 계

$$F = mH = \frac{BH}{2} = \frac{\mu_0 H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

$$W = \frac{\Phi I}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$\Phi R_m = NI = [AT] = (\text{자위}) U$$

$$[AT/m] = (\text{자속세기}) H$$

$$\frac{\Phi}{S} = \mu_0 H = [Wb/m^2] = (\text{자속밀도}) B$$

$$\frac{NI}{R_m} = LI = [Wb] = (\text{자하}) \Phi, m$$

$$\frac{\Phi}{I} = [H], [\Omega \cdot \text{sec}] = (\text{인덕턴스}) L$$

$$4\pi \times 10^{-7} = [H/m] = (\text{투자율}) \mu_0$$

$$6.33 \times 10^4 = (4\pi \mu_0)^{-1}$$

$$B - \mu_0 H = \mu_0 (\mu_s - 1) H = (\text{자화의세기}) J$$

$$\eta = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = 377 \sqrt{\frac{\mu_s}{\epsilon_s}} [\Omega] \quad (\text{전자파 고유 임피던스})$$

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\mu_s \epsilon_s}} [m/sec] \quad (\text{전자파 속도}) \quad \mu \epsilon = LC$$

$$F \text{ (쿨롱의 힘)} = [N]$$

$$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi \mu_0 r^2} = 6.33 \times 10^4 \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} [N/m] \quad (\text{평행 도선})$$

$$(\text{전기}) \leftarrow \text{쌍극자} \rightarrow (\text{자기})$$

$$H = \frac{M}{4\pi \mu_0 r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \theta}$$

$$U = \frac{M}{4\pi \mu_0 r^2} \cos \theta \quad [M = ml]$$

$$(\text{전기}) \leftarrow \text{이중층} \rightarrow (\text{자기})$$

$$U = \frac{M}{2\mu_0} (1 - \cos \theta) \quad [M = \sigma l]$$

각종 이론들

$$\text{맥스웰 ① 암페어} \quad \text{rot } H = kE + \frac{\partial D}{\partial t}$$

$$\text{” ② 페러데이} \quad \text{rot } E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\text{” ③ 가우스} \quad \text{div } D = \rho$$

$$\text{” ④ 가우스} \quad \text{div } B = 0$$

$$\text{포아송 방정식} \quad \nabla^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon}$$

$$\text{라플라스 방정식} \quad \nabla^2 V = 0$$

$$\text{스토크스 방정식} \quad \int A dl = \int \text{rot } A ds$$

$$\text{KCL} \quad \text{div } i = 0$$

각종 효과

핀치 효과 : DC 전류 → 중심 집중

표피 ” : AC 전류 → 바깥 집중

제백 효과 : 다른 금속 접합 온도차 → 전류 발생 (열전대)

펠티에 ” : ” 전류 → 온도차 발생 (냉동 원리)

톰슨 ” : 같은 금속 전류 → 온도차 발생

스트레치 ” : 도선에 전류 → 원을 형성

Pyro(초전)전기 : 온도변화 → 분극

압전 효과 : 기계적 변형 → 전하 발생

Hall 효과 : 플레밍 원리 → 전하발생

변위 전류 = D, E, V 의 시간적 변화에 의해 발생

전계의 세기

- ① 원형도체 중심에서 r 떨어진 지점

$$E = \frac{\rho a r}{2\epsilon_0 (a^2 + r^2)^{3/2}} [V/m]$$

- ② 무한장 직선 도체 (선전하)

$$E = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0 r}$$

- ③ 원통 도체

$$E = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0 a}$$

- ④ 구 도체

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$

- ⑤ 2개 평행판 (임의 모양 도체)

$$E = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1\text{개 무한 평면도체 } 1/2)$$

전기 영상법

- ① 평면 도체 점전하 ② 평면 도체 선전하

$$F = -\frac{Q^2}{16\pi\epsilon_0 a^2} \quad F = \frac{\rho^2}{4\pi\epsilon_0 h}$$

- ③ 평면 도체 전속밀도

$$D = -\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2}$$

경계면에서의 굴절

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}$$

정전 용량

- ① 구 도체

$$C = 4\pi\epsilon_0 a [F]$$

- ② 평행판

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad [R = \rho \frac{d}{S}]$$

- ③ 동심구 도체

$$C = 4\pi\epsilon_0 \left(\frac{ab}{b-a} \right)$$

- ④ 동축 케이블

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln(\frac{b}{a})}$$

- ⑤ 평행 도선

$$C = \frac{\pi\epsilon_0 l}{\ln(\frac{D}{a})}$$

주어지는 문제가 지름? 반지름? 구분을 잘해야~

막대 자석 회전력 $T = \Phi H l \sin\theta [N.m]$

플레밍의 힘 $F = B I l \sin\theta [N]$

히스테리시스 곡선 (기울기 = 투자율)

- 종축 : 자속밀도, 잔류자기 # 공극 (air gap)

- 횡축 : 자계, 보자력

$$\frac{R_m'}{R_m} = 1 + \frac{l_g \mu}{l \mu_0}$$

자계의 세기

- ① 원형코일 중심에서 r 떨어진 지점

$$H = \frac{a^2 NI}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} [AT/m]$$

- ② 원형 코일 중심에서의 자계

$$H = \frac{NI}{2a}$$

- ③ 원통 도체

$$H = \frac{I}{2\pi a}$$

- ④ 유한장 직선 전류의 자계

$$H = \frac{I}{4\pi a} (\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2)$$

- ⑤ 정 n 변형의 자계

$$H = \frac{n I \tan(\pi/n)}{2\pi a}$$

정 3각

정 4각

정 6각

$$H = \frac{9I}{2\pi l} \quad H = \frac{2\sqrt{2}I}{\pi l} \quad H = \frac{\sqrt{3}I}{\pi l}$$

- ⑥ 환상 솔레노이드

$$H = \frac{NI}{l} = \frac{NI}{2\pi a}$$

- ⑦ 무한장 솔레노이드 (솔레노이드 외부 " $H = 0$ ")

$$H = n l$$

- ⑧ 직선 도체에서 r 떨어진 지점

$$H = \frac{NI}{2\pi r}$$

- ⑨ 비오-사바르 법칙

$$dH = \frac{I dl \sin\theta}{4\pi r^2}$$

인덕턴스

- ① 원통 도체

$$L = \frac{\mu_0 l}{8\pi} [H]$$

- ② 동축 케이블

$$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right)$$

- ③ 평행 도선

$$L = \frac{\mu_0 l}{\pi} \ln\left(\frac{D}{a}\right)$$

- ④ 환상 솔레노이드

$$L = \frac{N\phi}{I} = \frac{N^2}{R_m} = \frac{\mu_0 S N^2}{l} = \frac{\mu_0 S N^2}{2\pi a}$$

- ⑤ 무한장 솔레노이드

$$L = \mu_0 S n^2 = \mu_0 \pi a^2 n^2$$