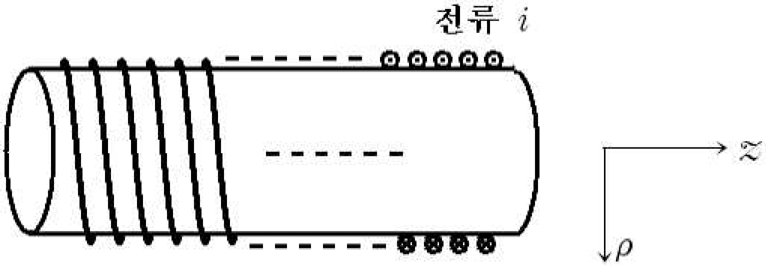
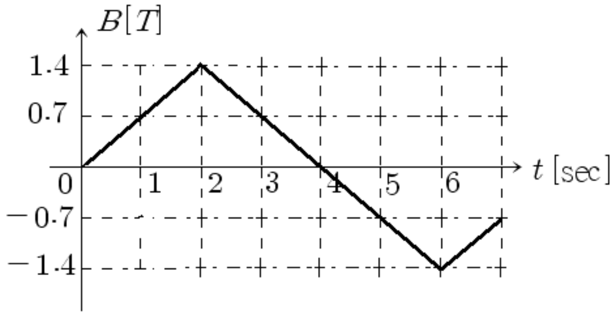
2014년도 제51회 변리사 제2차 국가자격시험 문제지

교시	시험과목	시험시간	수험번호	성명
2교시	전기자기학	120분		

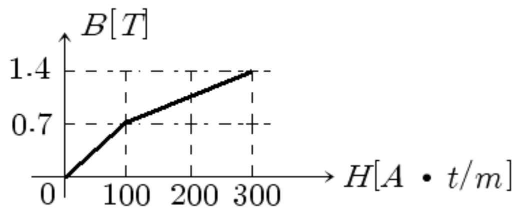
【문제-1】 (30점)

아래와 같은 무한 길이의 이상적인 솔레노이드가 있다. 단위길이 당 권선수는 $n = 1000\,[turns/m]$이고, 단면의 면적은 $S = 0.01\,[m^2]$이다. 솔레노이드 내부에 물질Ⅰ이 채워져 있고, 솔레노이드에 전류 i를 흘려 내부에서 자속밀도 $B[T]$의 시간변화를 그림 (a)와 같도록 만들었다. 물질Ⅰ 및 Ⅱ의 자속밀도 $B[T]$와 자계 $H[A \cdot turns/m]$의 관계는 각각 그림 (b) 및 (c)와 같다. 다음 물음에 답하시오.

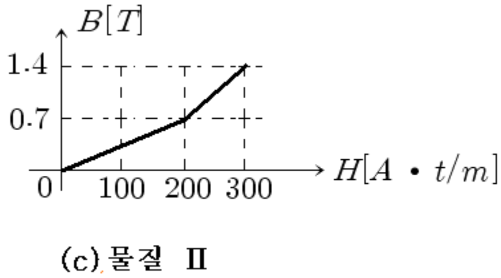




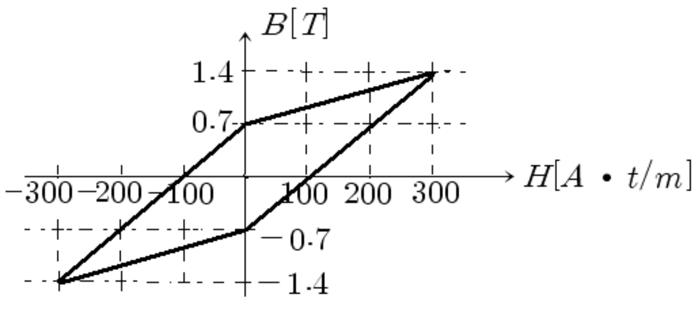
(a)



(b) 물질 Ⅰ



(c) 물질 Ⅱ



(d)

(1) 원통좌표계에서 $\overrightarrow{H}(\rho, \phi, z) = H_\rho \overrightarrow{a_\rho} + H_\phi \overrightarrow{a_\phi} + H_z \overrightarrow{a_z}$이다. 여기서 $\overrightarrow{a_\rho}$, $\overrightarrow{a_\phi}$, $\overrightarrow{a_z}$는 단위벡터이다. 솔레노이드 내부 혹은 외부에 있는 임의의 한 점 $P(\rho, \phi, z)$를 지정하고, 그 지점에서 무한장 솔레노이드를 바라보면 기하학적인 대칭성이 존재한다. 어떠한 대칭성이 존재하는지 기술하고, 이러한 대칭성으로부터 그 지점 $P(\rho, \phi, z)$에서의 자계 $\overrightarrow{H}(\rho, \phi, z)$의 어떤 벡터 성분이 존재하는지, 그리고 그 벡터성분이 어떤 변수의 함수인지 기술하시오. (6점)

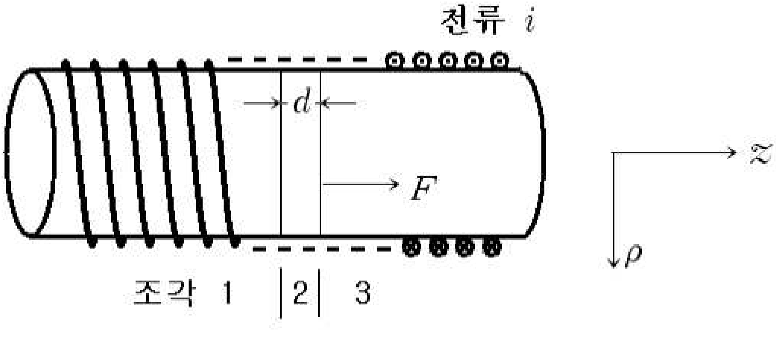
(2) 물음 (1)의 결과를 이용하여, 솔레노이드 내부와 외부에서 자계 $\overrightarrow{H}[A/m]$의 방향과 크기를 구하는 과정을 암페어의 주회법칙을 적용하여 상세히 기술하고, 자계 $\overrightarrow{H}(\rho, \phi, z)$를 문제에서 주어진 문자(변수)를 사용하여 표현하시오. (8점)

(3) 그림 (a)와 같이 시간에 따라 솔레노이드 내 자속밀도 $B[T]$가 변화하도록 해 주었을 때, $0 \le t \le 2$ 동안에 외부에서 솔레노이드에 가해준 단위길이 당 전압 $v[V/m]$를 구하시오. (4점)

(4) 전력 $p = vi$인 것을 이용하여, $0 < t \le 1$인 시간과 $1 < t \le 2$인 시간 동안에 솔레노이드에 공급해준 단위길이 당 전기에너지 $W[J/m]$를 각각 구하시오. (4점)

(5) 물질 I 의 히스테리시스 특성이 그림 (d)와 같을 때, $4 < t \le 6$인 시간 동안에 솔레노이드에 공급해 준 단위길이 당 전기에너지 $W[J/m] = \int vi\,dt$ 를 구하시오. (4점)

(6) 다음 그림과 같이 물질 I 을 간격 $d = 0.005[m]$ 만큼 벌리고 '조각 2'에 물질 II를 채워 넣었다고 하자. 시간 $t = 1\,[\sec]$인 순간, 그림에서 '조각 3'이 받는 힘 $\overrightarrow{F} = F_z \overrightarrow{a_z}[N]$를 구하시오. (4점)



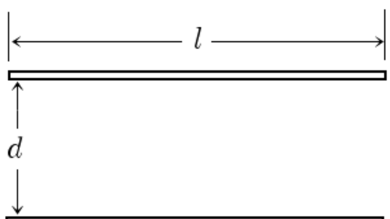
【문제-2】 (20점)

다음 물음에 답하시오.

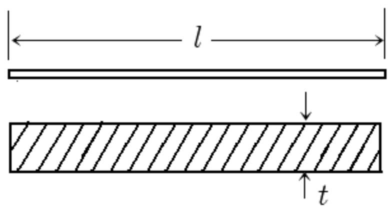
(1) 3차원 진공 상에 무한 금속 평행 판이 $x=0$과 $x=d$인 평면상에 위치한다. $x=0$에 위치한 판의 전위 $v(0)=0[V]$이고, $x=d$에 위치한 판의 전위 $v(d)=V_d[V]\ (>0)$ 이다. $0<x<d$인 공간에서의 전위 $v(x)$를 Poisson(포아송) 방정식으로부터 계산하고, $v(x)$의 그래프를 그리고, 이로부터 전계 $\vec{E}(x)[V/m]$와 $x=0$에 위치한 판의 판전하 밀도 $\rho_s\,[C/m^2]$를 구하시오. (3점)

(2) 물음 (1)의 상황에서, $\frac{d}{3}\le x\le\frac{2d}{3}$인 공간에 유전율이 $\epsilon=\epsilon_r\epsilon_o$ 인 절연체를 끼워 넣었을 때, 전계 $\vec{E}(x)[V/m]$와 $x=0$에 위치한 판의 판전하 밀도 $\rho_s\,[C/m^2]$, 단위면적 당 커패시턴스 $C'\,[F/m^2]$를 구하고, $\epsilon_r=2$인 경우 $v(x)$의 그래프를 그리시오. (9점)

(3) 아래 그림 (a)와 같이 면적 $S[m^2]$인 평행판 커패시터에 전압 $v=V_d[V]\ (>0)$를 가하여 정상상태에 도달한 후, 전원을 제거하고 판의 전하량을 보존하면서 그림 (b)와 같이 두께 $t=\frac{d}{3}$이고 $\epsilon_r=2$인 유전체 판을 삽입하였다. 이 때 두 판 사이에 전압을 $v=V_d$로 유지하기 위해 판의 면적을 변동시켜 주었다. 변동시킨 판의 면적 $S'[m^2]$을 구하시오. (4점)

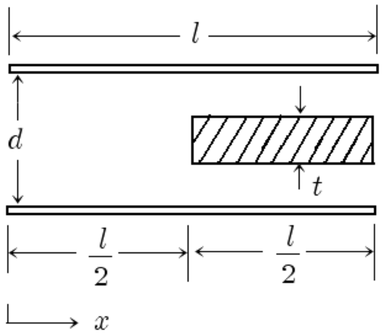


(a)



(b)

(4) 아래와 같은 단면적 $S[m^2]$를 갖는 평행 판 커패시터에서, 절연체의 유전율이 $\epsilon = 2\epsilon_o$이고 두께 $t[m] = \frac{d}{3}$인 절연체가 $\frac{l}{2} \le x \le l$ 인 위치에 놓여있다. $0 \le x \le \frac{l}{2}$인 영역의 판 전하량을 $Q_1[C]$이라고 하고, $\frac{l}{2} \le x \le l$인 영역의 판 전하량을 $Q_2[C]$이라고 한다. $d \ll l$을 가정하고, 두 판 사이에 전압을 $v = V_d[V]\ (>0)$를 가하여 정상상태에 도달한 후, 금속판의 총 전하량이 $100[C]$이라고 할 때 판 전하량 $Q_2[C]$를 구하시오. (4점)



【문제-3】 (30점)

진공 중에 전계는 $\overrightarrow{E} = -10\overrightarrow{a_y}$ [V/m]이고, 자계는 $\overrightarrow{H} = 5\overrightarrow{a_x}$ [A/m]이다. 원점 $P(0,0,0)$에 전하량 $Q = -1$ [C]이고 질량 $m = 1$ [kg]인 입자가 정지해 있다. 다음 물음에 답하시오.

(1) 임의 시간 t 에 입자의 속도는 $\overrightarrow{v} = v_x\overrightarrow{a_x} + v_y\overrightarrow{a_y} + v_z\overrightarrow{a_z}$ [m/s]이다. 이때 입자가 받는 힘 $\overrightarrow{F}$를 구하시오. (4점)

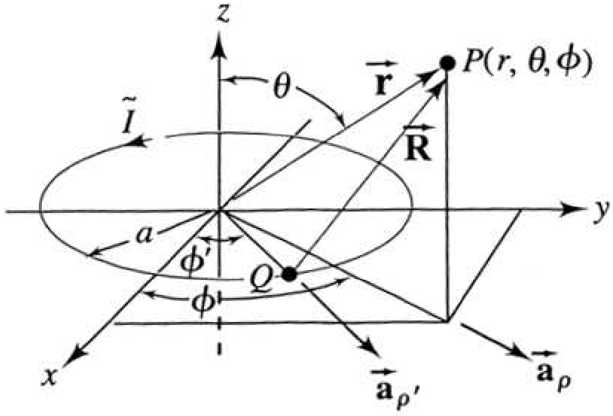
(2) 입자의 운동방정식을 기술하시오. (9점)

(3) 초기 조건 $t = 0$에서 $x = 0,\ y = 0,\ z = 0,\ v_x = 0,\ v_y = 0,\ v_z = 0$을 적용하여 $x(t),\ y(t),\ z(t)$를 구하시오. (12점)

(4) 전계를 $\overrightarrow{E} = 0[V/m]$이 되도록 제거하고 초기조건을 변경했더니, 이 입자가 $y-z$ 평면상에서 반경이 일정한 원운동을 계속한다고 하자. 이때 원운동의 각 주파수 ω를 구하시오. (5점)

【문제-4】 (20점)

전류 $I = I_0 \cos\omega t$가 흐르는 작은 원형 루프를 나타내었다. 이것에 의한 복사계는 자계이므로 이것을 자기 다이폴(magnetic dipole)이라 한다. 이때 전류 분포는 ϕ 방향에 따라 변하지 않으며, a는 루프의 반경이다. 다음 물음에 답하시오. (단, $\tilde{I}$ 는 I 의 페이저 양이다.)



(1) 전계의 세기 $\widetilde{E_\phi}$ 와 자계의 세기 $\widetilde{H_\theta}$ 는 다음과 같다. 복소 전력밀도 $<\vec{S}> = \frac{1}{2}[\tilde{E} \times \tilde{H}^*]$를 구하시오. (5점)

$$\widetilde{E_\phi} = \frac{A\tilde{I}\sin\theta}{r} e^{-j\beta r} \ (A = \text{상수})$$

$$\widetilde{H_\theta} = -\frac{A\tilde{I}\sin\theta}{\eta r} e^{-j\beta r}$$

(2) 복사되는 총 전력 P_{rad}을 반경 r인 큰 구의 표면에 대해 적분하여 구하고, 이로부터 복사저항 R_{rad}를 구하시오. (10점)

(참고 : $\int_0^\pi \sin^3\theta \, d\theta = \frac{4}{3}$, $P_{rad} = \frac{1}{2} I^2 R_{rad}$)

(3) 지향성 이득 $G = \frac{4\pi r^2 <\vec{S}>}{P_{rad}}$의 크기를 구하시오. (5점)