전기자기학

문 1. 세 점 A, B, C는 일직선상에 위치한다. 점 A와 점 B는 d[m]만큼 떨어져 있고 각각 전하 Q[C]가 놓여 있다. 점 C에 전하 $2Q$[C]를 놓았을 때 점 B에 놓인 전하에 작용하는 힘은 평형상태를 유지한다. 점 C의 위치는?

① 점 A로부터 $\sqrt{2}d$

② 점 A로부터 $2d$

③ 점 B로부터 $\sqrt{2}d$

④ 점 B로부터 $2d$

문 2. 자유공간상에 z축을 따라 전하밀도가 2[C/m]인 무한한 길이의 선전하가 균일하게 분포해 있고, 점 (0, 2, 0)[m]에 2[C]의 점전하가 놓여 있다. 이때, 점 (0, 1, 0)[m]에서의 전계[V/m]는? (단, ε_0는 자유공간의 유전율이다)

① $\frac{1}{\pi\varepsilon_0}\overrightarrow{a_y}$ ② $-\frac{1}{\pi\varepsilon_0}\overrightarrow{a_y}$

③ $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\overrightarrow{a_y}$ ④ $-\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\overrightarrow{a_y}$

문 3. 균일한 전계 $\vec{E}$와 자계 $\vec{H}$가 함께 존재하는 자유공간에서 양전하가 속도 $\vec{v}$로 움직일 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

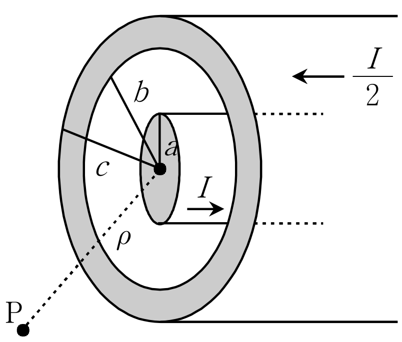
① 이 전하가 받는 전기력은 전하의 속도에 무관하다.

② $\vec{v}=0$일 경우, 이 전하는 전기력은 받지만 자기력은 받지 않는다.

③ 전하가 받는 전기력은 전계의 방향과 일치하고, 자기력은 자계의 방향과 일치한다.

④ 전기력은 전하의 운동에너지를 변화시키지만, 자기력은 전하의 운동에너지를 변화시키지 않는다.

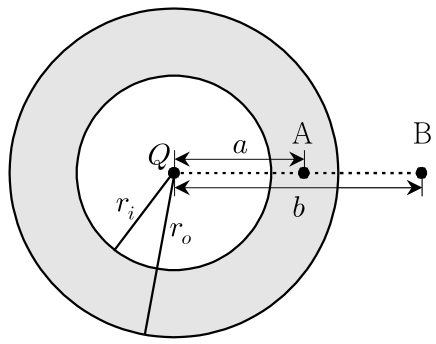
문 4. 무한 길이 동축 케이블에서 내부 도체의 반지름은 a[m], 외부 도체의 안쪽 반지름과 바깥쪽 반지름은 각각 b[m], c[m]이다. 내부 도체에는 전류 I[A]가 흐르며, 외부 도체에는 $\frac{I}{2}$[A]의 전류가 반대 방향으로 흐른다. 이때, 중심으로부터 ρ[m]만큼 떨어진 케이블 외부 점 P에서 자계의 크기[A/m]는? (단, 전류는 도체 내에서 균일하게 흐른다)



① $\frac{I}{4\pi\rho}$ ② $\frac{I}{2\pi\rho}$

③ $\frac{2I}{\pi\rho}$ ④ $\frac{4I}{\pi\rho}$

문 5. 안쪽 반지름 r_i[m], 바깥쪽 반지름 r_o[m]인 도체구각(conductor shell)의 중심에 Q[C]의 점전하가 놓여 있다. 중심에서 a[m]만큼 떨어진 점 A와 b[m]만큼 떨어진 점 B 사이의 전위차[V]는? (단, $r_i < a < r_o < b$이고, 도체 이외의 공간은 공기로 채워져 있으며 ε_0는 자유공간의 유전율이다)



① $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}(\frac{1}{a}-\frac{1}{b})$ ② $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}(\frac{1}{r_o}-\frac{1}{b})$

③ $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}(\frac{1}{r_i}-\frac{1}{b})$ ④ 0

문 6. 비자성(nonmagnetic) 무손실 유전체로 채워진 공간에서 전파하는 균일 평면파의 전계가 $\vec{E}=\cos(2\pi\times10^8t-2\pi z)\overrightarrow{a_x}$ [V/m]이고, 시간평균 전력밀도의 크기가 $\frac{1}{80\pi}$[W/m^2]로 주어질 때, 이 유전체의 비유전율(ε_r)은? (단, 자유공간의 고유임피던스는 $\eta_0=120\pi$ [Ω]이다)

① 4 ② 9

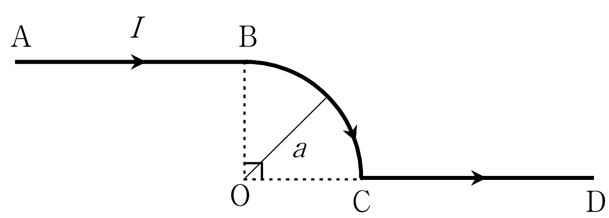
③ 16 ④ 25

문 7. 영역1($z<0$)에는 비유전율이 2, 영역2($z\ge 0$)에는 비유전율이 4인 유전체로 채워져 있다. 영역1에서 전계가 $\overrightarrow{E_1}=-3\overrightarrow{a_x}+8\overrightarrow{a_z}$ [V/m]일 때, 영역2에서 전계의 크기 $|\overrightarrow{E_2}|$ [V/m]는?

① 2 ② 3

③ 4 ④ 5

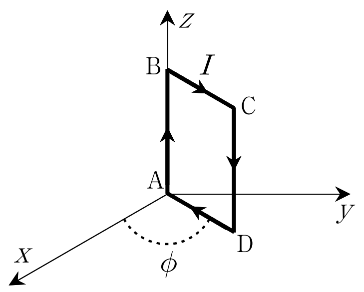
문 8. 그림과 같이 반지름이 a[m]인 원의 $\frac{1}{4}$이 되는 BC도선에 반무한(semi-infinite)직선 AB도선과 CD도선이 연결되어 있다. 이 도선에 전류 I[A]가 흐를 때, 원의 중심 O에서 자계의 크기[A/m]는?



① $\left(\frac{\pi-2}{4\pi a}\right)I$ ② $\left(\frac{\pi-2}{8\pi a}\right)I$

③ $\left(\frac{\pi+2}{4\pi a}\right)I$ ④ $\left(\frac{\pi+2}{8\pi a}\right)I$

문 9. 자속밀도 $\overrightarrow{B}=\overrightarrow{a_x}+\sqrt{3}\,\overrightarrow{a_y}$ [Wb/m^2]인 자유공간에 놓인 $\overline{AB}=30$ [cm], $\overline{BC}=10$ [cm]이고, 권선수 $N=20$인 직사각형 루프가 z축에 고정되어 있고, $I=10$ [A]의 전류가 그림과 같이 흐르고 있다. 이때, 루프에 작용하는 토크[N·m]는?



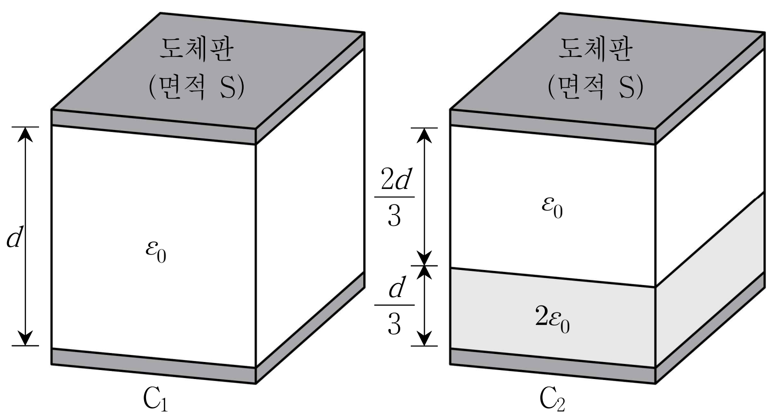
① $6(\overrightarrow{a_x}+\sqrt{3}\,\overrightarrow{a_y})$

② $-6(\overrightarrow{a_y}+\sqrt{3}\,\overrightarrow{a_x})$

③ $-6(\sqrt{3}\sin\phi+\cos\phi)\overrightarrow{a_z}$

④ $6(\sqrt{3}\sin\phi+\cos\phi)\overrightarrow{a_z}$

문 10. 커패시터 C_1은 도체판 면적이 S, 도체판 사이의 거리가 d이고, 공기로 채워진 평행판 커패시터이다. 이 커패시터 C_1에 그림과 같이 두께가 $\frac{d}{3}$, 비유전율이 2인 유전체를 삽입하여 새로운 평행판 커패시터 C_2를 만들었다. 두 커패시터에 동일한 양의 전하를 충전할 경우 C_1과 C_2에 각각 저장되는 정전에너지 크기의 비는? (단, 가장자리 효과는 무시하며, ε_0는 자유공간의 유전율이다)



① 2:3

② 3:2

③ 5:6

④ 6:5

문 11. 전계 $\overrightarrow{E}=\overrightarrow{a_x}$ [V/m]와 자속밀도 $\overrightarrow{B}=2\,\overrightarrow{a_y}$ [Wb/m^2]인 자유공간에서 단위 양전하가 속도 $\overrightarrow{v}$ [m/s]로 움직일 때, 단위 양전하가 받는 힘이 0이 되기 위한 속도 $\overrightarrow{v}$ [m/s]는?

① $-\frac{1}{2}\overrightarrow{a_z}$

② $\frac{1}{2}\overrightarrow{a_z}$

③ $-2\overrightarrow{a_z}$

④ $2\overrightarrow{a_z}$

문 12. 강자성체의 자기이력곡선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자속이 포화상태가 된 후 외부자계를 제거하면 잔류자속이 남지 않는다.

② 소자 혹은 탈자(demagnetization)에 이용되는 비선형 곡선이다.

③ 자기이력곡선 내부의 면적은 에너지 손실에 비례한다.

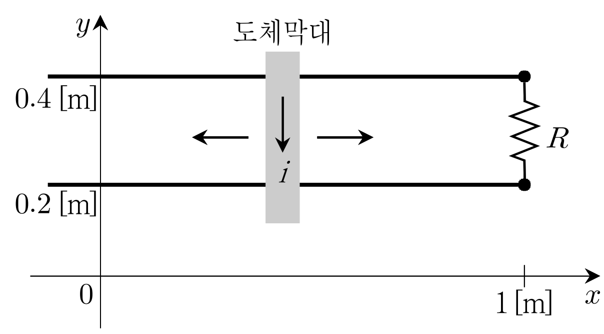
④ 외부자계의 변화에 따라 자성체에 잔류자속이 남는다.

문 13. 정자계에서의 암페어법칙 $\nabla\times\overrightarrow{H}=\overrightarrow{J}$는 맥스웰(J. C. Maxwell)에 의해 시변전자계에서 $\nabla\times\overrightarrow{H}=\overrightarrow{J}+\frac{\partial\overrightarrow{D}}{\partial t}$라는 관계식으로 수정되었다. 다음 맥스웰의 수정 과정에서 ㉠ ~ ㉢에 들어갈 내용을 바르게 연결한 것은?

맥스웰의 수정 과정은 전하량 보존 법칙으로부터 시작된다. 전하량 보존 법칙을 수학적으로 표현하면 연속방정식 (㉠)이다. 정자계에서의 관계식 $\nabla\times\overrightarrow{H}=\overrightarrow{J}$의 양변에 발산 연산(divergence operation)을 취하면, $\nabla\cdot(\nabla\times\overrightarrow{H})=\nabla\cdot\overrightarrow{J}$가 된다. 벡터 항등식으로부터 이 식의 좌변은 항상 0이 되기 때문에 우변도 0이 되어야만 하므로 연속방정식에 위배된다. 이러한 모순을 해소하기 위하여 우변에 (㉡)를 더하면 $\nabla\cdot(\nabla\times\overrightarrow{H})=\nabla\cdot\overrightarrow{J}+$㉡가 된다. 이 식의 우변을 발산 연산자로 묶으면 $\nabla\cdot\left(\overrightarrow{J}+\frac{\partial\overrightarrow{D}}{\partial t}\right)$가 된다. 따라서 $\nabla\cdot(\nabla\times\overrightarrow{H})=\nabla\cdot\left(\overrightarrow{J}+\frac{\partial\overrightarrow{D}}{\partial t}\right)$이 되고 $\nabla\times\overrightarrow{H}=\overrightarrow{J}+\frac{\partial\overrightarrow{D}}{\partial t}$로 수정된다. 이 식에서 $\frac{\partial\overrightarrow{D}}{\partial t}$항은 (㉢)를 의미한다.

	㉠	㉡	㉢
①	$\nabla\cdot\overrightarrow{J}=-\frac{\partial\rho}{\partial t}$	$\frac{\partial\rho}{\partial t}$	변위전류밀도
②	$\nabla\cdot\overrightarrow{J}=-\frac{\partial\rho}{\partial t}$	$-\frac{\partial\rho}{\partial t}$	변위전류밀도
③	$\nabla\cdot\overrightarrow{J}=\frac{\partial\rho}{\partial t}$	$\frac{\partial\rho}{\partial t}$	전도전류밀도
④	$\nabla\cdot\overrightarrow{J}=\frac{\partial\rho}{\partial t}$	$-\frac{\partial\rho}{\partial t}$	전도전류밀도

문 14. 자속밀도 $\overrightarrow{B}=-10\sin\omega t\,\overrightarrow{a_z}$ [Wb/m^2]인 자유공간에 설치된 도체 레일 위를 도체막대가 그림과 같이 주기적으로 왕복운동을 하고 있다. 시간이 t일 때 도체막대의 위치는 $x=0.5(1-\sin\omega t)$ [m]이며, 레일은 $R=0.5$ [Ω]으로 종단되어 있다. 이때, 도체막대에 흐르는 전류 i[A]는?



① $2\omega\sin\omega t(1+2\cos\omega t)$

② $4\omega\cos\omega t(1+2\cos\omega t)$

③ $2\omega\cos\omega t(1+2\sin\omega t)$

④ $4\omega\sin\omega t(1+2\sin\omega t)$

문 15. 자계 $\overrightarrow{H}=0.1\sin(10^3t+10^2y)\overrightarrow{a_z}$ [A/m]인 자유공간의 원점에서 시간 $t=0$일 때, 변위전류밀도[A/m^2]는?

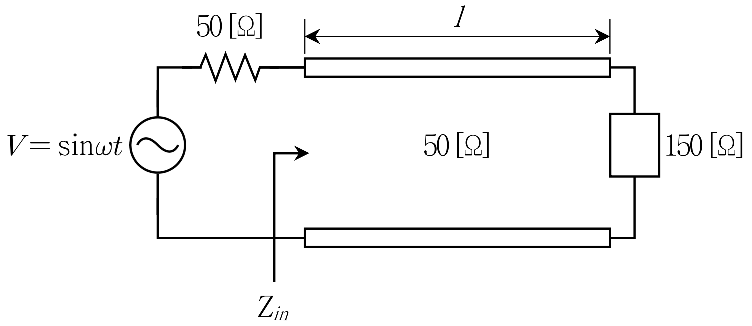
① 0

② $10\overrightarrow{a_z}$

③ $10\overrightarrow{a_y}$

④ $10\overrightarrow{a_x}$

문 16. 그림과 같이 주파수 100 [MHz]에서 동작하는 신호원에 길이 l인 무손실 전송선로와 부하가 연결되어 있다. 신호원의 임피던스는 50 [Ω]이고, 전송선로의 특성임피던스와 부하의 임피던스는 각각 50 [Ω]과 150 [Ω]이다. 전송선로의 입력단에서 부하를 바라본 입력 임피던스 $Z_{in}(=R+jX)$에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, λ_g는 전송선로에서 전파하는 신호의 한 파장 길이를 의미한다)



① $0<l<0.25\lambda_g$이면 X는 양수이다.

② $0<l<0.25\lambda_g$이면 $0<R<150$ [Ω]이다.

③ $0.25\lambda_g<l<0.5\lambda_g$이면 $R>150$ [Ω]이다.

④ $l=0.25\lambda_g$이면 $R=\frac{1}{150}$ [Ω]이다.

문 17. 비투자율이 1,000이고 평균자로길이가 2 [m]이며 단면적이 일정한 토로이드 철심 자기회로에서 4 [mm]의 공극이 생겼을 때, 전체 자기저항(리럭턴스)은 공극이 없었을 때에 비해 몇 배로 증가하는가? (단, 공극의 간격은 평균자로길이에 비해 충분히 작고, 가장자리 효과는 무시한다)

① 2배

② 3배

③ 4배

④ 5배

문 18. 무손실 매질에서 전파하는 전자기파의 전계와 자계가 각각 $\overrightarrow{E}=120\pi\cos(6\pi\times10^8t-4\pi z)\overrightarrow{a_x}$ [V/m], $\overrightarrow{H}=\cos(6\pi\times10^8t-4\pi z)\overrightarrow{a_y}$ [A/m]로 주어질 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 자유공간의 전파속도 $c=3\times10^8$ [m/s]이고, 자유공간의 고유임피던스는 $\eta_0=120\pi$ [Ω]이다)

① 매질의 비투자율은 1이다.

② 매질에서 전자기파의 평균전력밀도는 60π [W/m^2]이다.

③ 매질에서 전자기파의 전파속도는 1.5×10^8 [m/s]이다.

④ 이 전자기파의 동작 주파수는 300 [MHz]이다.

문 19. 자속밀도가 $10^3\overrightarrow{a_z}$ [Wb/m^2]인 자유공간에서 반지름 50 [cm]인 원형 도선이 $z=0$평면에 놓여 있다. 이 도선에 3 [mA]의 전류가 시계 반대방향으로 흐를 때, 원형 도선 전체에 가해지는 힘의 크기[N]는?

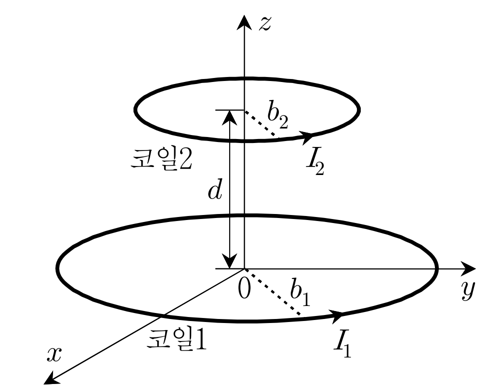
① 0

② π

③ 2π

④ 3π

문 20. 그림과 같이 자유공간에 있는 원형 코일1과 코일2의 반지름, 권선수는 각각 b_1, N_1과 b_2, N_2이다. 두 코일의 중심이 같은 축 위에 있고 거리 d만큼 떨어져 평행하게 놓여 있다. 두 코일에 각각 I_1, I_2의 전류가 흐른다고 가정할 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $b_1>b_2$이고, $d\gg b_1, b_2$이다)



① 두 코일 사이의 상호인덕턴스 M_{12}는 두 코일의 권선수 곱에 비례하는 $M_{12}\propto N_1N_2$로 표현할 수 있다.

② 두 코일 사이의 상호인덕턴스 M_{12}는 두 코일의 반지름 제곱의 곱에 비례하는 $M_{12}\propto(b_1)^2(b_2)^2$으로 표현할 수 있다.

③ 코일1에 흐르는 전류에 의해 코일2에 작용하는 힘의 크기 $|\overrightarrow{F_{12}}|$는 두 코일에 흐르는 전류의 곱에 비례하는 $|\overrightarrow{F_{12}}|\propto I_1I_2$로 표현할 수 있다.

④ 코일1과 코일2에 같은 방향으로 전류가 흐를 경우 코일1에 흐르는 전류에 의해 코일2에 작용하는 힘 $\overrightarrow{F_{12}}$의 방향은 $+z$ 방향이다.