

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 z 축을 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 전기장[V/m]는? (단, ϵ_0 는 자유공간의 유전율이다)

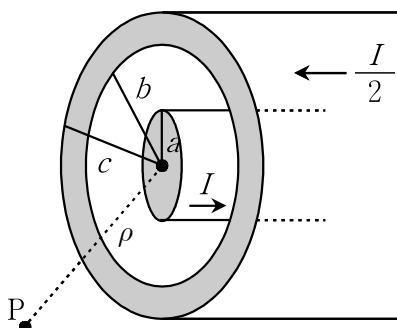
- ① $-\frac{1}{2\pi\epsilon_0}\vec{a}_y$ ② $\frac{1}{2\pi\epsilon_0}\vec{a}_y$
 ③ $-\frac{1}{\pi\epsilon_0}\vec{a}_y$ ④ $\frac{1}{\pi\epsilon_0}\vec{a}_y$

문 3. 균일한 전기장 $\vec{E}$ 와 자기장 $\vec{H}$ 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 전기장의 방향과 일치하고, 자기력은 자기장의 방향과 일치한다.
 ④ 전기력은 전하의 운동에너지를 변화시키지만, 자기력은 전하의 운동에너지를 변화시키지 않는다.

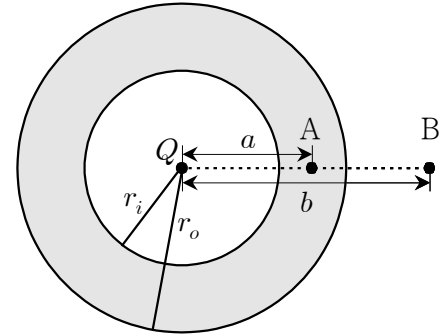
문 4. 무한 길이 동축 케이블에서 내부 도체의 반지름은 a [m], 외부 도체의 안쪽 반지름과 바깥쪽 반지름은 각각 b [m], c [m]이다.

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_0 는 자유공간의 유전율이다)



- ① 0 ② $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}(\frac{1}{r_i} - \frac{1}{b})$
 ③ $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}(\frac{1}{r_o} - \frac{1}{b})$ ④ $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0}(\frac{1}{a} - \frac{1}{b})$

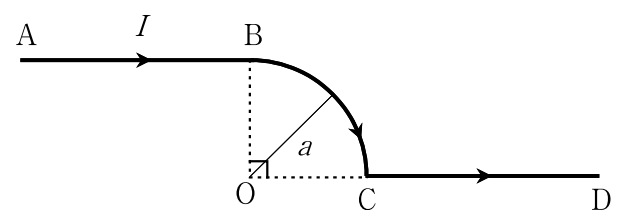
문 6. 비자성(nonmagnetic) 무손실 유전체로 채워진 공간에서 전파하는 균일 평면파의 전기장이 $\vec{E} = \cos(2\pi \times 10^8 t - 2\pi z)\vec{a}_x$ [V/m]이고, 시간평균 전력밀도의 크기가 $\frac{1}{80\pi}$ [W/m²]로 주어질 때, 이 유전체의 비유전율(ϵ_r)은? (단, 자유공간의 고유임피던스는 $\eta_0 = 120\pi$ [Ω]이다)

- ① 4 ② 9
 ③ 16 ④ 25

문 7. 영역1($z < 0$)에는 비유전율이 2, 영역2($z \geq 0$)에는 비유전율이 4인 유전체로 채워져 있다. 영역1에서 전기장이 $\vec{E}_1 = -3\vec{a}_x + 8\vec{a}_z$ [V/m]일 때, 영역2에서 전기장의 크기 $|\vec{E}_2|$ [V/m]는?

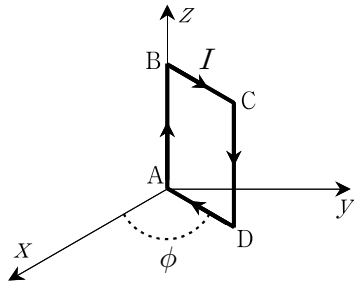
- ① 2 ② 3
 ③ 4 ④ 5

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?



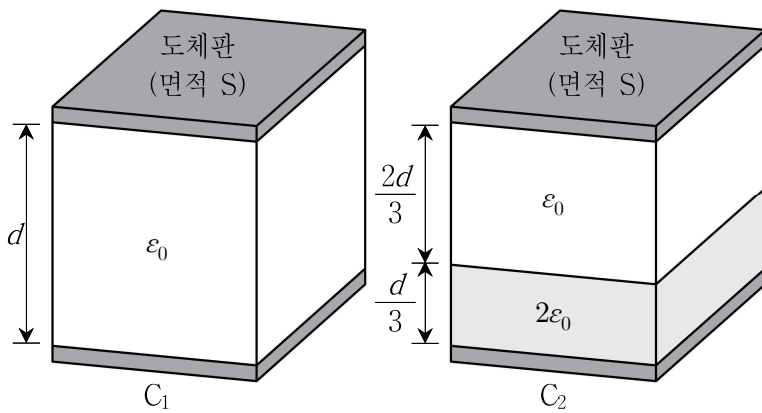
- ① $\left(\frac{\pi + 2}{8\pi a}\right)I$ ② $\left(\frac{\pi + 2}{4\pi a}\right)I$
 ③ $\left(\frac{\pi - 2}{8\pi a}\right)I$ ④ $\left(\frac{\pi - 2}{4\pi a}\right)I$

- 문 9. 자속밀도 $\vec{B} = \vec{a}_x + \sqrt{3}\vec{a}_y$ [Wb/m²]인 자유공간에 놓인 $\overline{AB} = 30$ [cm], $\overline{BC} = 10$ [cm]이고, 권선수 $N=20$ 인 직사각형 루프가 z 축에 고정되어 있고, $I=10$ [A]의 전류가 그림과 같이 흐르고 있다. 이때, 루프에 작용하는 토크[N·m]는?



- ① $6(\vec{a}_x + \sqrt{3}\vec{a}_y)$
 ② $-6(\vec{a}_y + \sqrt{3}\vec{a}_x)$
 ③ $-6(\sqrt{3}\sin\phi + \cos\phi)\vec{a}_z$
 ④ $6(\sqrt{3}\sin\phi + \cos\phi)\vec{a}_z$

- 문 10. 커패시터 C_1 은 도체판 면적이 S , 도체판 사이의 거리가 d 이고, 공기로 채워진 평행판 커패시터이다. 이 커패시터 C_1 에 그림과 같이 두께가 $\frac{d}{3}$, 비유전율이 2인 유전체를 삽입하여 새로운 평행판 커패시터 C_2 를 만들었다. 두 커패시터에 동일한 양의 전하를 충전할 경우 C_1 과 C_2 에 각각 저장되는 정전에너지 크기의 비는? (단, 가장자리 효과는 무시하며, ϵ_0 는 자유공간의 유전율이다)



- ① 2:3
 ② 3:2
 ③ 5:6
 ④ 6:5

- 문 11. 전기장 $\vec{E} = \vec{a}_x$ [V/m]와 자속밀도 $\vec{B} = 2\vec{a}_y$ [Wb/m²]인 자유공간에서 단위 양전하가 속도 $\vec{v}$ [m/s]로 움직일 때, 단위 양전하가 받는 힘이 0이 되기 위한 속도 $\vec{v}$ [m/s]는?

- ① $-\frac{1}{2}\vec{a}_z$
 ② $\frac{1}{2}\vec{a}_z$
 ③ $-2\vec{a}_z$
 ④ $2\vec{a}_z$

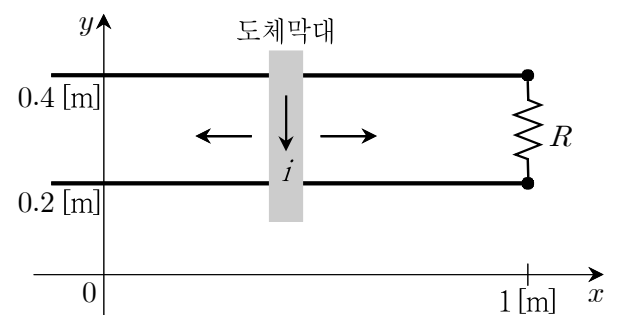
- 문 12. 강자성체의 자기이력곡선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?
 ① 외부자계의 변화에 따라 자성체에 잔류자속이 남는다.
 ② 자기이력곡선 내부의 면적은 에너지 손실에 비례한다.
 ③ 소자 혹은 탈자(demagnetization)에 이용되는 비선형 곡선이다.
 ④ 자속이 포화상태가 된 후 외부자계를 제거하면 잔류자속이 남지 않는다.

- 문 13. 정자계에서의 암페어법칙 $\nabla \times \vec{H} = \vec{J}$ 는 맥스웰(J. C. Maxwell)에 의해 시변전자계에서 $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ 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 $\nabla \times \vec{H} = \vec{J}$ 의 양변에 발산 연산(divergence operation)을 취하면, $\nabla \cdot (\nabla \times \vec{H}) = \nabla \cdot \vec{J}$ 가 된다. 벡터 항등식으로부터 이 식의 좌변은 항상 0이 되기 때문에 우변도 0이 되어야만 하므로 연속방정식에 위배된다. 이러한 모순을 해소하기 위하여 우변에 (㉡)를 더하면 $\nabla \cdot (\nabla \times \vec{H}) = \nabla \cdot \vec{J} + \text{㉡}$ 가 된다. 이 식의 우변을 발산 연산자로 묶으면 $\nabla \cdot \left(\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right)$ 가 된다. 따라서 $\nabla \cdot (\nabla \times \vec{H}) = \nabla \cdot \left(\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right)$ 이 되고 $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ 로 수정된다. 이 식에서 $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ 항은 (㉢)를 의미한다.

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

- 문 14. 자속밀도 $\vec{B} = -10\sin\omega t \vec{a}_z$ [Wb/m²]인 자유공간에 설치된 도체 레일 위를 도체막대가 그림과 같이 주기적으로 왕복운동을 하고 있다. 시간이 t 일 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?

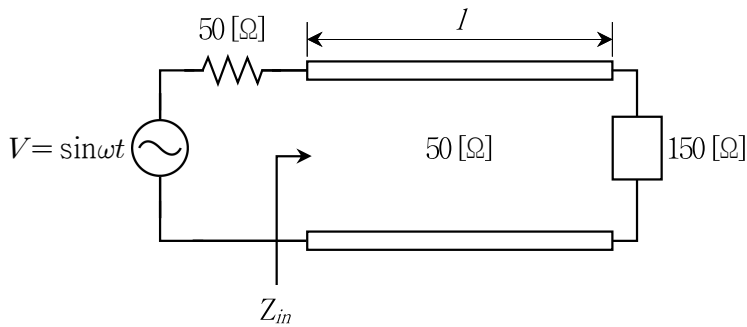


- ① $2\omega \sin\omega t(1 + 2\cos\omega t)$
 ② $4\omega \cos\omega t(1 + 2\cos\omega t)$
 ③ $2\omega \cos\omega t(1 + 2\sin\omega t)$
 ④ $4\omega \sin\omega t(1 + 2\sin\omega t)$

문 15. 자계 $\vec{H} = 0.1 \sin(10^3 t + 10^2 y) \vec{a}_z$ [A/m]인 자유공간의 원점에서 시간 $t = 0$ 일 때, 변위전류밀도[A/m²]는?

- ① $10 \vec{a}_x$
 ② $10 \vec{a}_y$
 ③ $10 \vec{a}_z$
 ④ 0

문 16. 그림과 같이 주파수 100 [MHz]에서 동작하는 신호원에 길이 l 인 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_g 는 전송선로에서 전파하는 신호의 한 파장 길이를 의미한다)



- ① $0 < l < 0.25 \lambda_g$ 이면 X 는 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

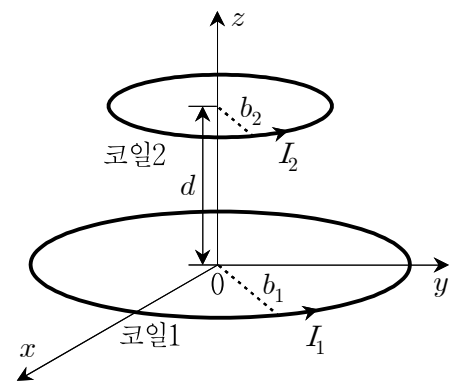
문 18. 무손실 매질에서 전파하는 전자기파의 전계와 자계가 각각 $\vec{E} = 120\pi \cos(6\pi \times 10^8 t - 4\pi z) \vec{a}_x$ [V/m], $\vec{H} = \cos(6\pi \times 10^8 t - 4\pi z) \vec{a}_y$ [A/m]로 주어질 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 자유공간의 전파속도 $c = 3 \times 10^8$ [m/s]이고, 자유공간의 고유임피던스는 $\eta_0 = 120\pi$ [Ω]이다)

- ① 이 전자기파의 동작 주파수는 300 [MHz]이다.
 ② 매질에서 전자기파의 전파속도는 1.5×10^8 [m/s]이다.
 ③ 매질에서 전자기파의 평균전력밀도는 60π [W/m²]이다.
 ④ 매질의 비투자율은 1이다.

문 19. 자속밀도가 $10^3 \vec{a}_z$ [Wb/m²]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_1 과 b_2, N_2 이다. 두 코일의 중심이 같은 축 위에 있고 거리 d 만큼 떨어져 평행하게 놓여 있다. 두 코일에 각각 I_1, I_2 의 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 $M_{12} \propto N_1 N_2$ 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 $|\vec{F}_{12}|$ 는 두 코일에 흐르는 전류의 곱에 비례하는 $|\vec{F}_{12}| \propto I_1 I_2$ 로 표현할 수 있다.
 ④ 코일1과 코일2에 같은 방향으로 전류가 흐를 경우 코일1에 흐르는 전류에 의해 코일2에 작용하는 힘 $\vec{F}_{12}$ 의 방향은 $+z$ 방향이다.