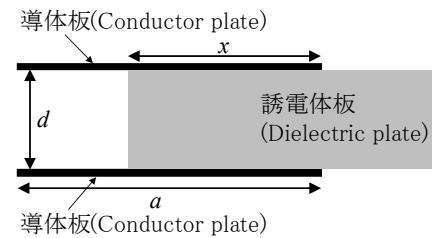


ページ (1/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【1】真空中に一辺の幅 a の正方形導体板が間隔 d で平行に置かれたコンデンサーがある。導体板と同形で厚さ d 、誘電率 ε の誘電体板を、図のように挿入した。誘電体板がコンデンサーに入った部分の幅は x ($x \leq a$)である。真空中の誘電率を ε_0 とし、電場は導体板に対して垂直であるとして、次の設問に答えよ。ただし、導体板と誘電体板の摩擦は無視できる。



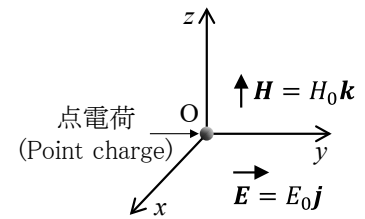
- (1) コンデンサーの静電容量を求めよ。
- (2) 導体板に電圧 V の電池を接続した場合のエネルギーを求めよ。
- (3) 設問(2)において、誘電体板をさらに挿入しようとするときに誘電体板に働く力を求めよ。
- (4) 電池を切り離し、新たに導体板に電荷 Q を充電した。この状態から誘電体板をさらに挿入しようとするとき、誘電体板に働く力を求めよ。

[解答]

(1) $\frac{\varepsilon_0 a^2}{d} + \frac{(\varepsilon - \varepsilon_0)}{d} x$	(2) $\frac{1}{2} \left(\frac{\varepsilon_0 a^2}{d} + \frac{(\varepsilon - \varepsilon_0) a}{d} x \right) V^2$	(3) $\frac{1}{2} \frac{(\varepsilon - \varepsilon_0) a}{d} V^2$	(4) $\frac{Q^2}{2} \frac{ad(\varepsilon - \varepsilon_0)}{(\varepsilon_0 a^2 + (\varepsilon - \varepsilon_0) ax)^2}$
---	--	---	--

ページ (2/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【2】図に示すように y 軸に平行で一様な電場 $\mathbf{E} = E_0 \mathbf{j}$ と z 軸に平行で一様な磁場 $\mathbf{H} = H_0 \mathbf{k}$ がある。ここで、 $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ はそれぞれ x 軸, y 軸, z 軸の単位ベクトルとする。時刻 $t = 0$ において原点 O に質量 m , 電荷量 $q (q > 0)$ の点電荷があった。真空中の誘電率を ϵ_0 , 透磁率を μ_0 とし、 $t = 0$ における点電荷の速度 $\mathbf{v}(0) = \mathbf{0}$ として、次の設問に答えよ。なお、重力は無視する。



- (1) 時刻 $t = 0$ において点電荷に働く力を求めよ。
- (2) 時刻 $t \geq 0$ における点電荷に働く力を求め、点電荷の運動方程式を求めよ。ただし、時刻 t における点電荷の速度を $\mathbf{v}(t)$ とする。
- (3) 時刻 $t \geq 0$ における速度 $\mathbf{v}(t)$ を求めよ。
- (4) 時刻 $t \geq 0$ における点電荷の位置を求めよ。

[解答]

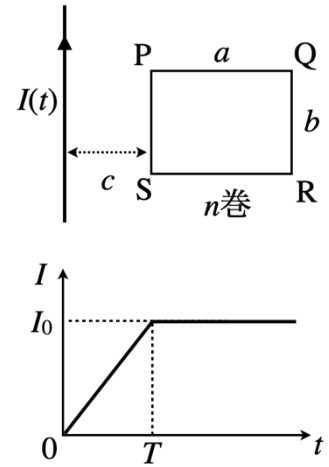
(1) $qE_0 \mathbf{j}$	(2) $m \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{v}(t) = \mu_0 q H_0 \mathbf{v}(t) \times \mathbf{k} + qE_0 \mathbf{j}$
(3) $v_x(t) = \frac{E_0}{\mu_0 H_0} \left(1 - \cos \left(\frac{\mu_0 q H_0}{m} t \right) \right), v_y(t) = \frac{E_0}{\mu_0 H_0} \sin \left(\frac{\mu_0 q H_0}{m} t \right), v_z(t) = 0$	
(4) $x = \frac{E_0}{\mu_0 H_0} \left(t - \frac{m}{\mu_0 q H_0} \sin \left(\frac{\mu_0 q H_0}{m} t \right) \right), y = \frac{E_0}{\mu_0 H_0} \left(1 - \frac{m}{\mu_0 q H_0} \cos \left(\frac{\mu_0 q H_0}{m} t \right) \right), z = 0$	

ページ (3/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【3】右上図に示すように各辺が a [m]、 b [m] の長方形コイル PQRS (巻数 n) がある。辺 PS から c [m] だけ離れた無限に長い直線導体には $I(t)$ [A] の時間変化する電流が流れている。右下図に示すように、その電流 $I(t)$ は 0 [A] から I_0 [A] まで時刻 T [s] まで一定の割合で増加し、 T [s] 以後は一定の電流 I_0 [A] が流れている。

- (1) 巻数 n の長方形コイル PQRS を貫く磁束を求めよ。
- (2) 時刻 $t = 0 \sim T$ [s] に、コイル PQRS に誘起する電圧を求めよ。
次に時刻 $t = T$ [s] から長方形コイル PQRS を一定の速度 v [m/s] で直線電流から遠ざけた。
- (3) 時刻 $t > T$ [s] のときに、辺 PS が直線電流から r [m] だけ離れたときに、コイル PQRS に誘起する電圧を求めよ。

[解答]



(1) $\frac{\mu_0 n I_0 t b}{2\pi T} \log \frac{c+a}{a} \quad 0 \leq t \leq T$ $\frac{\mu_0 n I_0 b}{2\pi} \log \frac{c+a}{a} \quad T \leq t$	(2) $-\frac{\mu_0 I_0 n b}{2\pi T} \log \frac{c+a}{a} \quad 0 \leq t \leq T$ ここに数式を入力します。	(3) $\frac{\mu_0 I_0 n b}{2\pi} \frac{va}{(vt+c+a)(vt+c)}$
---	--	--

令和 7 年度 九州工業大学大学院工学府博士前期課程 一般選抜第 2 回 (一般型)
工学専攻 電気エネルギー工学・電子システム工学コース (共通) 試験問題
[科目名] 電磁気学

ページ (4/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【4】以下の設問に答えよ。

マクスウェル方程式から電場 $\mathbf{E}(x,y,z,t)$ と磁場 $\mathbf{H}(x,y,z,t)$ が波動方程式を満たすことが導出される。

(1) 電荷や導電電流が存在しない真空中でのマクスウェル方程式を示せ。

(2) 真空中にて電場が $\mathbf{E}(x,y,z,t) = A \exp[i\omega t - i\omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}z] \mathbf{e}_x$ と表せる電磁波を考える。この電場 $\mathbf{E}(x,y,z,t)$ が満たす波動方程式を示せ。

(3) (2)の電場 $\mathbf{E}(x,y,z,t)$ に対応する磁場 $\mathbf{H}(x,y,z,t)$ をマクスウェル方程式から導出せよ。

(4) この電磁波の固有インピーダンスを求めよ。

[解答]

(1) $\operatorname{div} \mathbf{D} = 0, \operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}, \operatorname{div} \mathbf{B} = 0, \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	(2) $\nabla^2 \mathbf{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$
(3) $\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} A \exp[i\omega t - i\omega\sqrt{\epsilon\mu_0}z] \mathbf{e}_y$	
(4) $\frac{E_x}{H_y} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$	