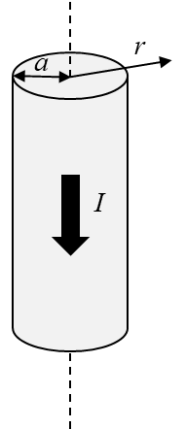


ページ (1/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【1】真空中に右図に示すように半径 a [m] の円形断面を持つ直線状の円柱導体に電流 I [A] が断面を一様な密度で流れている。真空の透磁率を μ_0 [H/m] として以下の問に答えよ。解答には単位も示すこと。

- 導体中の電流密度を求めよ。
- 導体の長さを無限長とすると、中心軸から距離が r [m] である点Pの磁界強度を求めよ。
- 導体の長さを l とし、導体の両端を点Qと点Rとする。導体の中心軸からの距離が $r(r > a)$ である点Pにつくる磁界強度を求めよ。ただし、導体と線分PQがなす角を θ_1 、導体と線分PRがなす角を θ_2 として答えよ。
- 設問(3)において、導体外部の半無限平面に鎖交する磁束を求め、この直線導体の外部インダクタンスを求めよ。

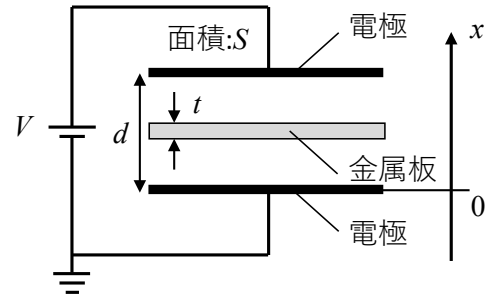


[解答]

(1) $\frac{I}{\pi a^2}$ [A/m ²]	(2) $\frac{rI}{2\pi a^2}$ [A/m] ($r < a$), $\frac{I}{2\pi r}$ $\left[\frac{\text{A}}{\text{m}}\right]$ ($r > a$)
(3) $\frac{I}{4\pi r} \int_{\theta_2}^{\pi-\theta_1} \sin \theta \, d\theta = \frac{I}{4\pi r} (\cos \theta_1 + \cos \theta_2)$ [A/m]	
(4) $\frac{\mu_0}{2\pi} \left\{ l \log \left(\frac{l + \sqrt{a^2 + l^2}}{a} \right) - \sqrt{a^2 + l^2} + a \right\}$ [H]	

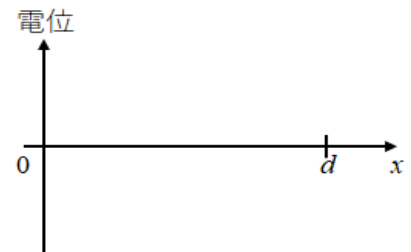
ページ (2/4)	受験番号	氏名
-----------	------	----

【2】右図のように面積 S の電極が間隔 d の位置に配置された平行平板コンデンサが電圧 V の直流電源に接続されている。電極から等しい距離に、厚さ t 、面積 S の金属板を平行に挿入した。空間の誘電率を ϵ_0 として、次の設問に答えよ。



- (1) 解答欄のグラフに平行平板コンデンサ内部の電位を記せ。ただし、金属板の位置を明記すること。
- (2) 金属板の挿入による静電容量の変化量を求めよ。
- (3) 電源をつないだまま金属板を挿入した時に電極に蓄積される電荷の変化量と、挿入によるエネルギーの変化量を求めよ。
- (4) 電源を十分に長い時間接続した後、電源を切り離してから金属板を挿入した時に電極に蓄積される電荷の変化量と、挿入によるエネルギーの変化量を求めよ。
- (5) 次に、金属板を取り除き、電源を取り外し2つの電極を接地した。さらに、前問と同じ金属板を、下面が下側の電極から d_1 の位置になるように挿入し、 $+Q$ の電荷を金属板に帯電させた。挿入した金属板に働く力を求めよ。

[解答]

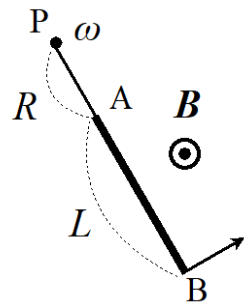


(1)	(2) $\frac{\epsilon_0 S t}{d(d-t)}$
(4) 電荷の変化: 0 エネルギーの変化: $-\frac{\epsilon_0 S t}{2d^2} V^2$	(3) 電荷の変化: $\frac{\epsilon_0 S t}{d(d-t)} V$ エネルギーの変化: $\frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 S t}{d(d-t)} V^2$ (5) $\frac{Q^2(2d_1 - (d-t))}{2\epsilon_0 S(d-t)}$ $d_1 < \frac{d-t}{2}$ の場合は下向き、 $d_1 > \frac{d-t}{2}$ の場合は上向き

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

【3】真空中に長さ L の導体棒が磁場中にある。以下の問いに答えよ。

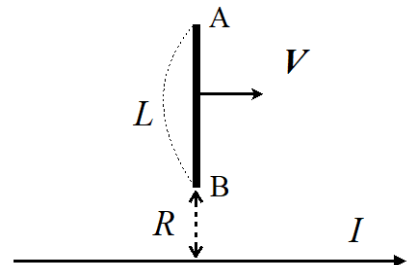
- [1] 右図のように、紙面に対して上向きの一様な磁束密度 B の磁場があり、長さ R の絶縁棒の先端点 A に長さ L の導体棒が直線で接続され点 P を中心に角速度 ω で回転している。
- (1) 点 P (回転中心) から距離 r における導体上での電場の大きさと向きを答えよ。
- (2) 導体棒の両端 (点 A と点 B) に生じる起電力の大きさを答えよ。
- [解答]



(1) $r\omega B$ 回転中心から外向き	(2) $\frac{1}{2}(L^2 + 2LR)\omega R$
------------------------------	---

- [2] 図のように無限に長い直線電流 I が流れている。導体棒は直線電流に対して、垂直に置かれ距離 R だけ離れ速度 V で移動している。

- (1) 直線電流から距離 $r (> R)$ の導体上における電場の大きさと向きを答えよ。
- (2) 導体棒の両端に生じる起電力の大きさを答えよ。
- [解答]



(1) $\frac{\mu_0 IV}{2\pi r}$ 直線電流の方向	(2) $\frac{\mu_0 IV}{2\pi} \ln\left(\frac{R}{L+R}\right)$
--	--

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

【4】真空中にて z の正方向に伝搬する平面電磁波を考える。このとき電場は $\mathbf{E}(z, t) = E_0 \exp[i\omega t - i\omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}z] \mathbf{e}_x$ と表せる。

- (1) この平面電磁波が伝搬する速さ V_z が $1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$ であることを示せ。
- (2) この電場 $\mathbf{E}(z, t)$ に対応する磁場 $\mathbf{H}(z, t)$ を求めよ。
- (3) この平面電磁波の任意の (z, t) での電場のエネルギー密度 $u_E(z, t)$ を $\mathbf{E}(z, t)$ を用いて表せ。
- (4) この平面電磁波の固有インピーダンスを求めよ。
- (5) 平面電磁波の任意の (z, t) でのエネルギー密度 $u(z, t)$ が $2u_E(z, t)$ であることを示せ。

[解答]

(1) $i\omega t - i\omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}z = \text{const.}$ より時間微分して $\frac{dz}{dt} = V_z = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}}$	(2) $\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} A \exp[i\omega t - i\omega\sqrt{\epsilon\mu_0}z] \mathbf{e}_y$
(3) $\frac{\epsilon_0 E(z, t)^2}{2}$	(4) $\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$
(5) $E_x = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H_y$ より $u_E = \frac{\epsilon_0 E(z, t)^2}{2} = \frac{\mu_0 H(z, t)^2}{2} = u_H$ である。 したがって、 $u(z, t) = u_E(z, t) + u_H(z, t) = 2u_E(z, t)$	