

## 令和2年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[電磁気学]

- 1 図1のように、真空中に厚みの無視できる無限に広がった導体板Ⅰと導体板Ⅱが、それぞれ平面  $z=0$  と  $z=a$  ( $a>0$ ) に一致するように置かれている。導体板Ⅰには電荷が面電荷密度  $\sigma_0$  ( $\sigma_0 > 0$ ) で、導体板Ⅱには面電荷密度  $-\sigma_0$  で均一に分布している。真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とし、以下の問いに答えよ。

【40点】

- (1) 導体板Ⅰと導体板Ⅱをコンデンサーとして利用する場合の、単位面積あたりの静電容量を求めよ。
- (2) 導体板Ⅱが導体板Ⅰから受ける力の向きと単位面積あたりの力の大きさを求めよ。

次に、図2のように、 $0 < z < b$  の領域を誘電率  $\epsilon_1$  ( $\epsilon_1 > \epsilon_0$ ) の誘電体で満たし、 $b < z < a$  の領域を誘電率  $\epsilon_2$  ( $\epsilon_2 > \epsilon_1$ ) の誘電体で満たした場合を考える。

- (3) 導体板Ⅰと導体板Ⅱをコンデンサーとして利用する場合の、単位面積あたりの静電容量を求めよ。
- (4) 導体板Ⅰと導体板Ⅱをコンデンサーとして利用する場合の、単位面積あたりに蓄えられる静電エネルギーを求めよ。
- (5) 誘電体境界面 ( $z=b$ ) に作用する電氣的な力の向きと単位面積あたりの大きさを求めよ。

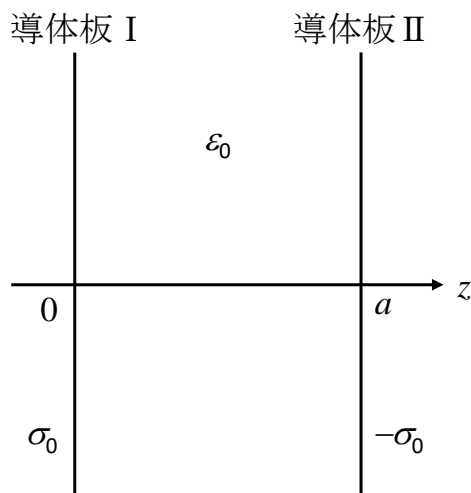


図1

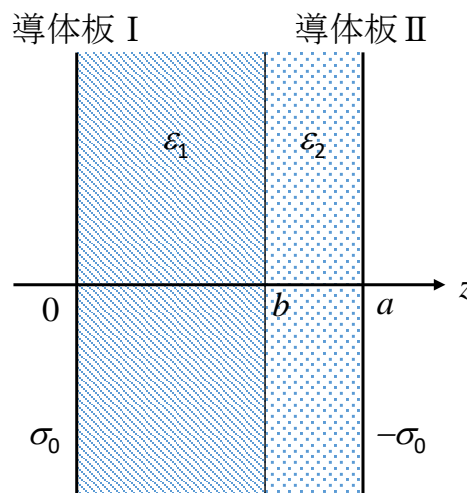


図2

2 導体中の自由電子（質量 $m$ 、電荷 $-e$ ）は、熱運動によりイオンとの衝突を繰り返す。直流電界 $\mathbf{E}$ を印加すると、個々の自由電子はイオンとの衝突を繰り返しながら運動するが、定常状態では一定速度 $\mathbf{v}$ で運動しこの速度に比例した抵抗力 $-k\mathbf{v}$ （ $k$ は比例係数）を受けると見なすことができる。以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 定常状態においては、印加した電界 $\mathbf{E}$ によって自由電子が受ける力と抵抗力 $-k\mathbf{v}$ がつりあっているものとする。定常状態の自由電子の速度 $\mathbf{v}$ を、 $e$ 、 $k$ 、 $\mathbf{E}$ を用いて表せ。
- (2) 導体の単位体積あたりに  $n$  個の自由電子が存在するとし、それぞれの自由電子は独立に運動しているとみなす。自由電子の速度 $\mathbf{v}$ を用いて、電流密度 $\mathbf{J}$ を表せ。
- (3) オームの法則は電気伝導率 $\sigma$ を用いて $\mathbf{J} = \sigma\mathbf{E}$ と表される。電気伝導率 $\sigma$ を、 $e$ 、 $k$ 、 $n$ を用いて表せ。
- (4) 電気伝導率が $6.0 \times 10^7 \text{ A}/(\text{V} \cdot \text{m})$ である導体について考える。 $1 \text{ m}^3$ あたりに $8.5 \times 10^{28}$ 個の自由電子が存在し、印加されている電界が $1.0 \times 10^{-1} \text{ V}/\text{m}$ のとき、自由電子の平均速度を求めよ。ただし、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

3 図3に示すように、透磁率 $\mu$ 、断面積 $S$ の環状鉄心に、2つのコイルが巻かれている。1次コイルと2次コイルの巻数はそれぞれ $N_1$ と $N_2$ である。1次コイルを流れる電流を $I_1$ 、2次コイルを流れる電流を $I_2$ とする。環状鉄心の周長、すなわち磁路長 $l$ は、断面の寸法に比べて十分長いものとする。以下の問いに答えよ。

【30点】

- (1) 1次コイルのみに電流を流すとき ( $I_2 = 0$ )、環状鉄心の内部に発生する磁束を求めよ。ただし、コイルに流れる電流により発生する磁束は環状鉄心の外部には漏れ出ないものとする。
- (2) 1次コイルの自己インダクタンスを求めよ。
- (3) 1次コイルと2次コイルの相互インダクタンスを求めよ。

次に、図4に示すように、透磁率 $\mu$ 、断面積 $S$ 、周長 $l$ の環状鉄心から一部を切り取り、長さ $a$  ( $a \ll \sqrt{S}$ )の間隙を作った。環状鉄心には1つのコイルが巻かれており、コイルの巻数は $N_3$ であり、コイルには電流 $I_3$ が流れている。コイルに流れる電流による磁束は、環状鉄心内部および間隙のみに発生するものとし、間隙における透磁率を $\mu_0$ とする。

- (4) コイルに流れる電流により発生する磁束密度を求めよ。
- (5) コイルの自己インダクタンスを求めよ。
- (6) コイルに蓄えられる磁気エネルギーを求めよ。

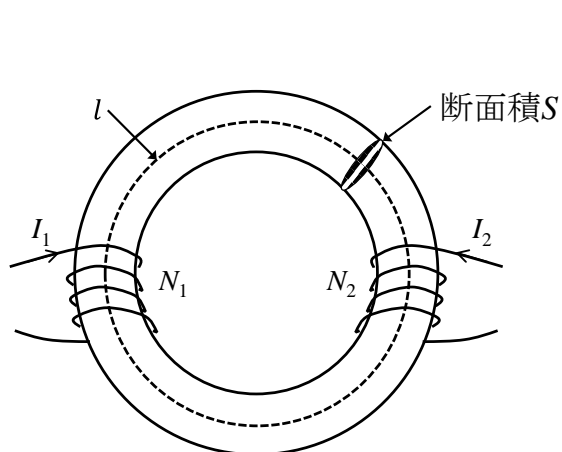


図3

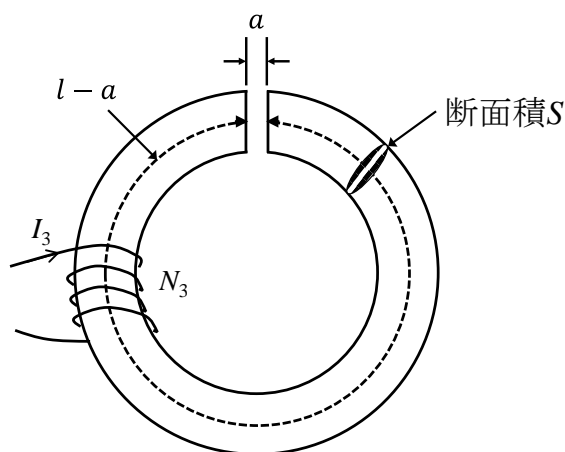


図4