

2026 年度（令和 8 年度）大学院工学研究科（博士前期課程）

私費外国人留学生

専門試験問題

（電気・機械工学系 電気電子プログラム ）

注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、1 ページから 5 ページまであります。解答用紙は、2 枚あります。ページの脱落等に気付いたときは、手をあげて監督者に知らせてください。
3. 下記表の問題番号 9, 10 の問題を全て解答してください。1 題につき解答用紙 1 枚を使用して解答してください。解答用紙の追加配付はありません。

問題番号	出題科目
9	電気回路 Electric circuit
10	電磁気学 Electromagnetics

4. 監督者の指示に従って、問題番号、志望プログラム及び受験番号を 2 枚の解答用紙の該当欄に必ず記入してください。
5. 計算用紙は、問題冊子の白紙ページを利用してください。
6. 解答用紙の裏にも解答を記入する場合には、表と上下を逆にして記入してください。
7. 机の上には、受験票、黒の鉛筆・シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り及び時計（計時機能だけのもの）以外の物を置くことはできません。
8. コンパス及び定規等は、使用できません。
9. 時計のアラーム（計時機能以外の機能を含む。）は、使用しないでください。
10. スマートフォン、携帯電話、ウェアラブル端末等の音の出る機器を全て机の上に出し、それらの機器のアラームを解除してから、電源を切り、かばん等に入れてください。
11. 試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は、手をあげてください。
12. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。

問題9 電気回路 設問すべてについて解答すること。

I 図1の回路は、交流電圧源、2つの抵抗、可変コンデンサ、コイルから構成される。この回路は図に示すとおりに接地されている。電圧源 $E = 15 + j0$ V, $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 1\ \Omega$, コイルの誘導性リアクタンス $X_L = 1\ \Omega$, 可変コンデンサの容量性リアクタンス X_C [Ω]とする。次の(1)と(2)の問いについて単位を付けて答えよ。

- (1) 節点 A の電位 V_1 , 可変コンデンサに流れる電流 I_C , 抵抗 R_2 に流れる電流 I_{R_2} について、それぞれ変数 X_C のみを用いて表わせ。
- (2) 抵抗 R_2 で消費される電力が最大となるときの X_C の値を求めよ。

次に、図1の回路の抵抗 R_2 に並列に交流電流源 I を接続して、図2の回路とする。交流電流源 $I = 3 + j0$ A, $X_C = 0.5\ \Omega$ とする。次の(3)と(4)の問いについて単位を付けて答えよ。

- (3) 節点 A の電位 V_1 , 抵抗 R_2 に流れる電流 I_{R_2} を求めよ。
- (4) 両電源から供給される合成の有効電力と無効電力を求めよ。

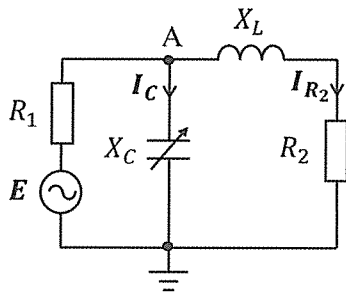


図1

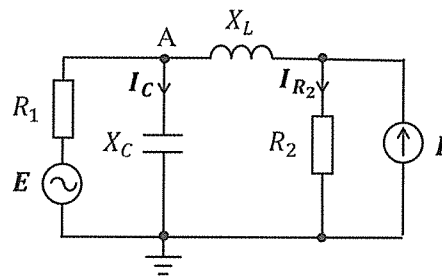


図2

II 図3に示す回路において、次の(1)と(2)の問いについて、単位を付けて答えよ。ただし、直流電源の電圧 $E = 50 \text{ V}$ 、抵抗 $R_1 = 5 \Omega$ 、 $R_2 = 5 \Omega$ 、コイルのインダクタンス $L = 1 \text{ H}$ 、コンデンサの静電容量 $C = 0.02 \text{ F}$ とする。

(1) スイッチ S を開いて定常状態にあるときから、 $t = 0$ でスイッチ S を閉じた。

- ① 電源の電流の時間変化 $i_1(t)$ とコンデンサの電流の時間変化 $i_2(t)$ を求めよ。
- ② コンデンサの両端電圧の時間変化 $v_C(t)$ を求めよ。
- ③ スイッチ S を閉じて定常状態にあるとき、回路の消費電力を求めよ。

(2) 次に、スイッチ S を閉じてから十分に時間が経過した状態にあるとする。

- ① 時刻 t を新たに定義し直し、 $t = 0$ でスイッチ S を開いた。コンデンサの電流の時間変化 $i_2(t)$ を求めよ。
- ② スイッチ S を開いてから定常状態になるまでの間に回路で消費されるエネルギーを求めよ。
- ③ スイッチ S を開いて定常状態にあるとする。コンデンサの静電容量 C をある値とした結果、スイッチ S を閉じた直後から、電源を流れる電流が常に一定となった。このときのコンデンサの静電容量 C を求めよ。

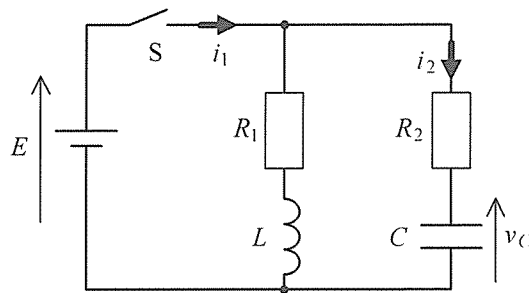


図 3

問題 10 電磁気学 設問すべてについて解答すること。

I 図 1 に示すように、 xy 面の面積が A の 2 枚の完全導体の電極板が、 xy 平面に平行に、 z 方向に d だけ隔てて自由空間中に置かれている。両電極板にはスイッチ S と直流電圧 V_0 の電源が直列に接続されている。この電極板間に、負側の電極板の上面から h の位置に底面がくるように、電極板と同一の xy 平面形状の完全導体の金属平板（厚さ t ）を、 xy 面の位置を揃えて挿入した。以下の設問（1）～（5）に答えよ。ただし、自由空間の誘電率を ϵ_0 とし、電極板と金属平板の端部効果の影響は無視する。

（1）スイッチ S を閉じて十分に時間が経った状態で、電極板に蓄えられた電荷量 Q_0 と、電極板間の静電容量 C_0 を求めよ。

次に、図 2 に示すように、負側の電極板と、金属平板との間に、電極板と、底面形状が同一である容器を挿入する。ただし、容器の厚さとその電気特性は無視する。容器が空の状態でスイッチ S を閉じて、十分に時間が経った後に、スイッチ S を開いた。その後、金属平板の底面に達するまで、容器に比誘電率 ϵ_r ($\epsilon_r > 1$) の液状誘電体をゆっくりと満たしていく。この過程で、誘電体の液面の高さを z_0 とする。以下の問いに、 $V_0, z, \epsilon_r, d, t, h, A, z_0$ のいずれかを用いて答えよ。

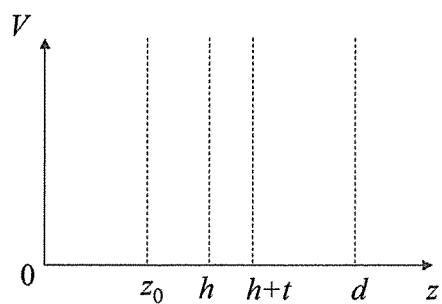
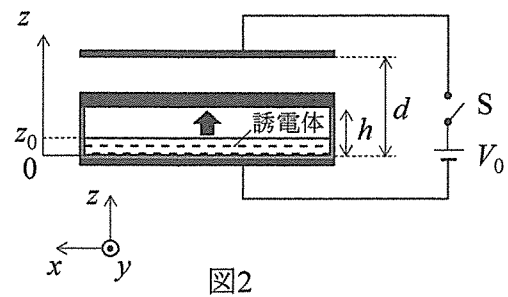
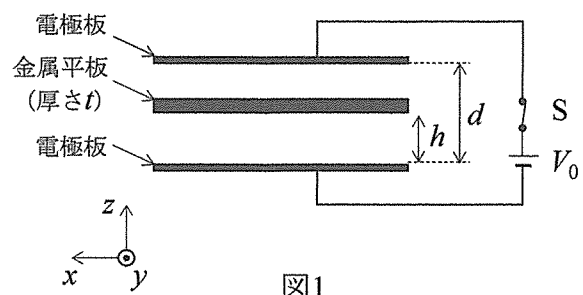
（2）容器内の誘電体部分の電界の大きさ E_1 と中空部分の電界の大きさ E_2 と、正側の電極板と金属平板との間の電界の大きさ E_3 を求めよ。

（3）このときの、 z に対する電位分布 $V(z)$ のグラフを描け。解答用紙に図 3 を書き写したうえでグラフを描き、電位 $V(z_0), V(h), V(h+t), V(d)$ の値を示すこと。

（4）電極板間の静電容量 C_1 、電極板間に蓄えられる静電エネルギー W_1 をそれぞれ z_0 の関数 $C_1(z_0), W_1(z_0)$ として表せ。

容器が完全に液状誘電体で充填された後、スイッチ S をいったん閉じて、十分に時間が経ってから再びスイッチ S を開いた。その後、液状誘電体を電極板間から取り除いた。

（5）電極板間に蓄えられる静電エネルギー W_2 は、図 1 の状態の静電エネルギー W_0 と異なる。この違いを、両者の比 W_2/W_0 で表せ。



II 透磁率が μ_0 である自由空間中において、図4に示すように、原点 O を中心として太さの無視できる半径 a の1回巻き円形コイル（コイルA）が xy 平面に置かれており、電流 I が流れている。また、図5はコイルAを z 軸の正の向きから見た図である。図4および図5において、点 P はコイルA上の点であり、線分 OP と x 軸とのなす角は θ である。また、ベクトル $\mathbf{t}$ は点 P におけるコイルAの接線方向の単位ベクトルである。点 Q がコイルAの遠方であり、点 P から点 Q への線分ベクトルを $\mathbf{R}$ とし、コイルAにおける電流素片の大きさを、 $d\theta$ を正の微小角として $Iad\theta$ とするとき、次の問いに答えよ。

- (1) 点 P の電流素片によって、点 Q に生じる磁束密度 $d\mathbf{B}$ を $Iad\theta$, $\mathbf{t}$, $\mathbf{R}$, $R \equiv |\mathbf{R}|$ を用いて示せ。
- (2) 点 Q の座標を $\mathbf{r} = (x', y', z')$ とするとき、磁束密度 $d\mathbf{B}$ の z 成分 dB_z を示せ。ただし、解答には x', y', z' のいずれかを必ず使い、点 P と点 Q の間の距離として R を用いてよい。
- (3) コイルA全体の電流により、点 Q に生じる磁束密度 $\mathbf{B}$ の z 成分 B_z を示せ。ただし、解答には x', y', z' のいずれかを必ず使い、点 O と点 Q の間の距離として $r \equiv |\mathbf{r}|$ を用いてよい。ここで R については、 $a \ll r = (x'^2 + y'^2 + z'^2)^{1/2}$ のとき、 $(a/r)^2$ を無視できるものとして、

$$R = r \{ 1 + 3r^{-2} (ax' \cos \theta + ay' \sin \theta) \}^{-1/3} \text{ と近似して用いよ。}$$

次に図6に示すように、原点 O を中心として太さの無視できる半径 b の1回巻き円形コイル（コイルB）を xy 平面に置く。これに対し、電流 I が流れているコイルAが、 z 軸を中心軸として速度 v で z 軸の正方向に移動してきており、現在 $z = -c$ ($c > 0$) の位置にいるものとする。次の問いに答えよ。ただし、 $b, c \gg a$ とする。

- (4) 原点 O を中心とする半径 ρ の円周上では、コイルAの電流 I により生じる磁束密度 $\mathbf{B}$ の z 成分 B_z は一様である。このことを利用して、コイルBを貫く磁束 Φ を a, b, c を用いて示せ。

$$\text{ただし、必要であれば、} \frac{d}{du} \frac{u}{(u+k)^{3/2}} = \frac{(2k-u)}{2(u+k)^{5/2}} \text{ (} k: \text{定数) を用いよ。}$$

- (5) コイルAの運動により、コイルBに生じている誘導起電力の大きさ E を示せ。

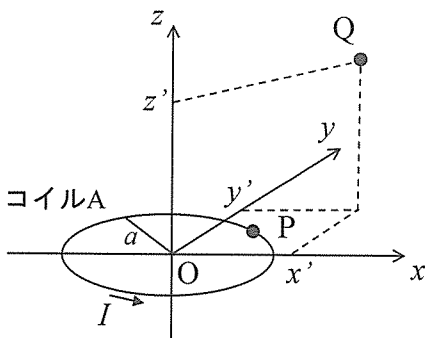


図4

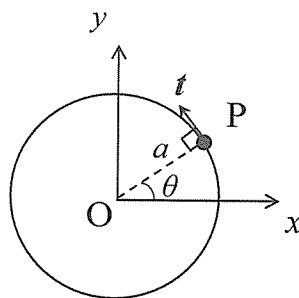


図5

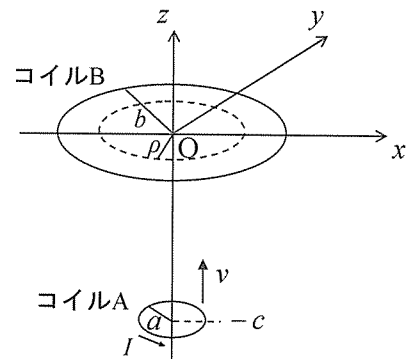


図6