

2025 年度（令和 7 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 7 から 8 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
7	電気回路 Electric circuit
8	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 7 電気回路 設問すべてについて解答すること。

I 図 1 に示す回路は、スイッチ S_1 , S_2 , コンデンサ C , 抵抗 R , インダクタ L から構成される。次の (1) ~ (4) の問いについて答えよ。

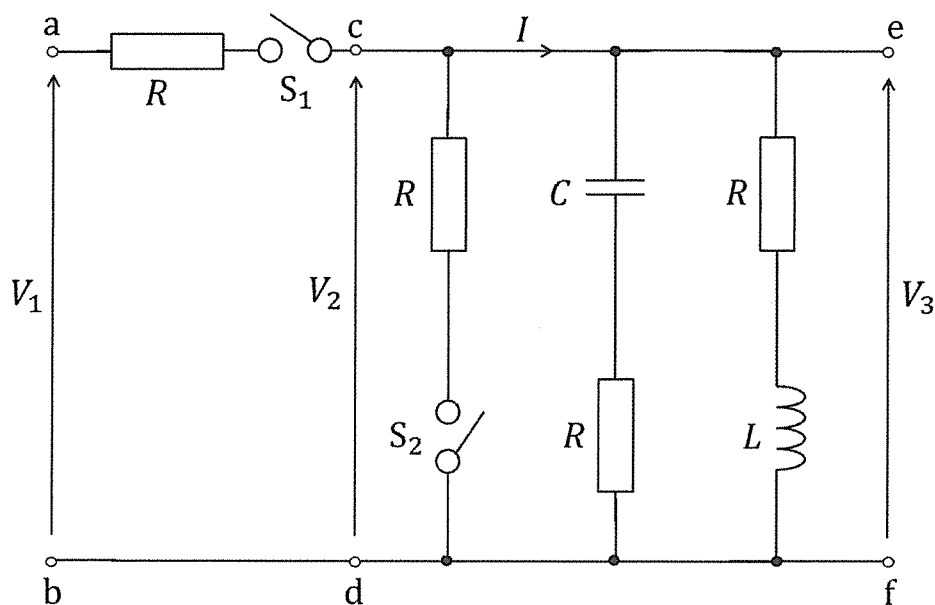


図 1

【状態 1】スイッチ S_1 は閉じ、スイッチ S_2 は開いていて、定常状態にあるものとする。

- (1) 端子 a-b 間のインピーダンスを求めよ。
- (2) 端子 a-b 間に角周波数 ω の交流電圧 V_1 を加えた。このとき、端子 e-f 間の電圧 V_3 が、電圧 V_1 の半分となる R の条件を C と L で表せ。また、この R の条件のとき、端子 a-b 間のインピーダンスを求めよ。

【状態 2】スイッチ S_1 は開き、スイッチ S_2 は閉じていて、定常状態にあるものとする。

- (3) 端子 c-d 間に角周波数 ω の交流電圧 V_2 を加えた。このとき、電流 I と電圧 V_2 が同位相となる角周波数 ω の条件を C と L で表せ。また、この ω の条件のとき、端子 c-d 間のアドミタンスを求めよ。
- (4) 端子 c-d 間のアドミタンスが角周波数 ω に関係しない定抵抗回路となる R の条件を C と L で表せ。また、この R の条件のとき、端子 c-d 間のアドミタンスを求めよ。

II 図2に示す電気回路は、起電力 $2E$ の直流電源1、起電力 E の直流電源2、抵抗値が R である抵抗1と抵抗2、抵抗値が $2R$ である抵抗3、容量が C であるキャパシタ、切替スイッチ1、開閉スイッチ2から構成される。この回路に関する以下の設問(1)～(8)に答えよ。回答にあたっては、与えられた定数 E, R, C と時刻 t のみを用いること。また、電流 $i(t)$ 、電圧 $v_c(t)$ は図の矢印で示されている方向を正とする。

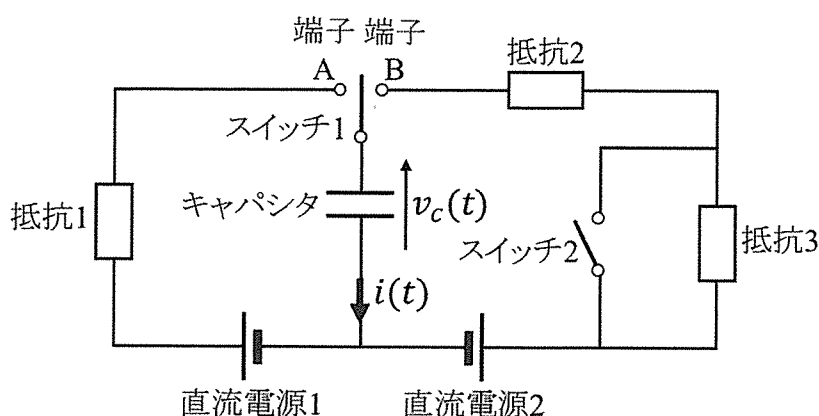


図2

まず、初期状態(時刻 $t < 0$)では、スイッチ1が端子Aに接続されて十分に時間が経過している。スイッチ2は開放されている。回路がこの状態にあるとして、以下の設問に答えよ。

- (1) キャパシタに蓄えられた電荷を求めよ。
- (2) キャパシタの静電エネルギーを求めよ。

次に、時刻 $t = 0$ においてスイッチ1を端子Bに接続した。スイッチ2は開放されたままである。時刻 t ($t > 0$) で回路がこの状態にあるとして、以下の設問に答えよ。

- (3) 電流 $i(t)$ を求めよ。
- (4) キャパシタにかかる電圧 $v_c(t)$ を求めよ。
- (5) この状態における回路の時定数 τ を求めよ。

次に、時刻 t が設問(5)で求めた時定数 τ に達した時、スイッチ2を閉じた。時刻 t ($t > \tau$) で回路がこの状態にあるとして、以下の設問に答えよ。

- (6) 電流 $i(t)$ を求めよ。
- (7) キャパシタにかかる電圧 $v_c(t)$ を求めよ。

(次ページにつづく)

(前ページよりつづく)

- (8) 図3に示すグラフを解答用紙に書き写した上で、設問(1)から設問(7)までの(時刻 t が初期状態 $t < 0$ から $t > \tau$ に至るまでの)一連の回路操作における電流 $i(t)$ の時間経過をグラフ上に描き表せ。また、グラフ内に、時刻 $t = 0$ ならびに $t = \tau$ のときの電流値を書き込め。

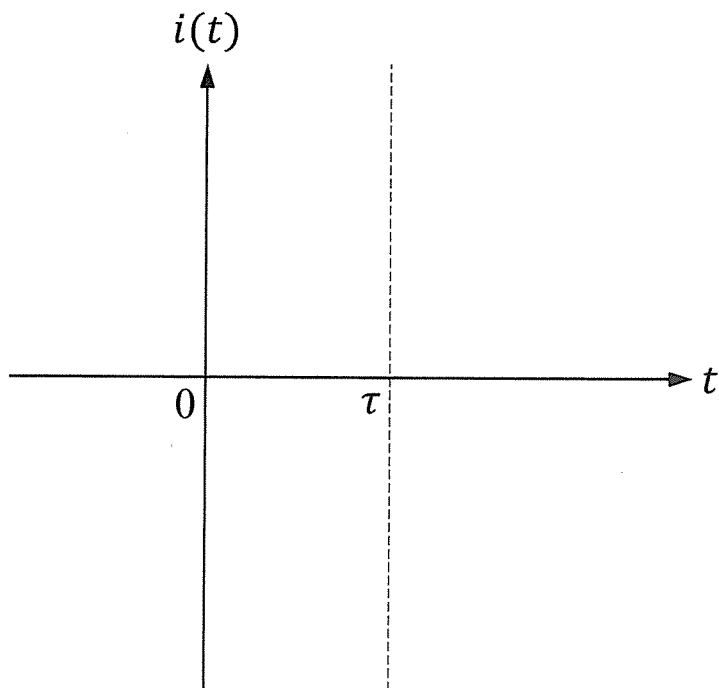


図3

問題8 電磁気学

設問すべてについて解答すること。

I 真空中（誘電率 ϵ_0 ）で、電荷 Q が半径 a の円周に一樣に分布している。円は xy 平面上にあり、円の中心を原点 O 、 z 軸上の座標 $(0, 0, z_0)$ ($z_0 > 0$) を点 P とする（図1）。以下の問いに答えよ。

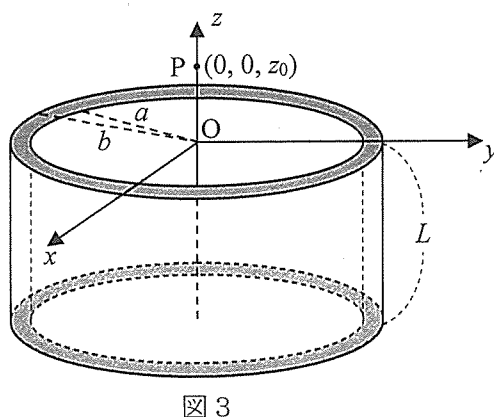
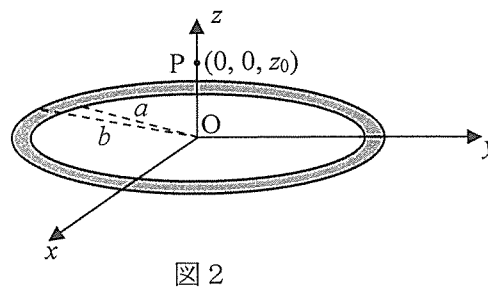
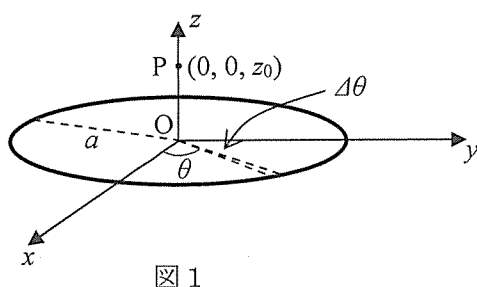
- (1) x 軸の正の向きから角度 θ の位置にある微小な角度 $\Delta\theta$ の部分に含まれる電荷を求めよ。
- (2) 前問 (1) の $\Delta\theta$ の部分が点 P につくる電界の x , y , z 成分 ΔE_{Px} , ΔE_{Py} , ΔE_{Pz} を求めよ。
- (3) 全電荷 Q が点 P につくる電界の x , y , z 成分 E_{Px} , E_{Py} , E_{Pz} を求めよ。
- (4) 点 P の電位を求めよ。ただし、無限遠の電位をゼロとする。

図2のように、真空中で、電荷 Q が xy 平面上の原点 O を中心とした半径 a から半径 b ($a < b$) の範囲に一樣に分布している。

- (5) 全電荷 Q が点 P につくる電界の x , y , z 成分 E'_{Px} , E'_{Py} , E'_{Pz} を求めよ。

図3のように、真空中で、半径 a と半径 b ($a < b$)、長さ L の2つの円筒に挟まれた領域に電荷が体積電荷密度 ρ で一樣に分布している。円筒は xy 平面から z 軸の負の方向にのびている。また、円筒の中心軸は z 軸と一致している。

- (6) 2つの円筒に挟まれた領域にある全電荷が、点 P に作る電界の x , y , z 成分 E''_{Px} , E''_{Py} , E''_{Pz} を求めよ。



II 図4および図5のように、円筒座標系 (ρ, θ, z) の自由空間中に、原点 O から距離 d の点 $Q(d, 0, 0)$ を通る z 軸に平行な直線状導線と、 $\rho\theta$ 平面内に原点を中心とした半径 a （ただし $a < d$ とする）の円環状導線がある。これらの直線状導線と円環状導線に、それぞれ電流 I_1, I_2 が図4に示す方向に流れている。自由空間中の透磁率を μ_0 、円環状導線の任意の点を $P(a, \theta, 0)$ 、両導線の太さは無視できるとする。

次の問いに答えよ。必要に応じて、 $\int_0^\pi \frac{\sin^2 \theta}{1 - 2b \cos \theta + b^2} d\theta = \frac{\pi}{2}$ （ただし $b < 1$ の場合）の公式を用いてもよい。

- (1) 線分PQの長さを求めよ。
- (2) 直線上導線に流れる電流 I_1 が、点Pに作る磁束密度の大きさを求めよ。
- (3) (2)で求めた磁束密度が点Pの電流素片 $I_2 ds$ に作用する力 dF の大きさを求めよ。
- (4) 点Pの直線OQについての対称点を P' とする。このとき電流 I_1 による点 P' の磁束密度が、点 P' の電流素片 $I_2 ds'$ に作用する力 dF' の大きさを求めよ。
- (5) $0 < \theta < \pi$ のとき、力 dF と力 dF' の向きをそれぞれ示せ。
- (6) 線分PP'と直線OQの交点をRとすると、点Rを中心とする線分PP'に働く力のモーメント（偶力モーメント）の大きさを求めよ。
- (7) 円環導線全体に働く偶力モーメントの大きさを求めよ。

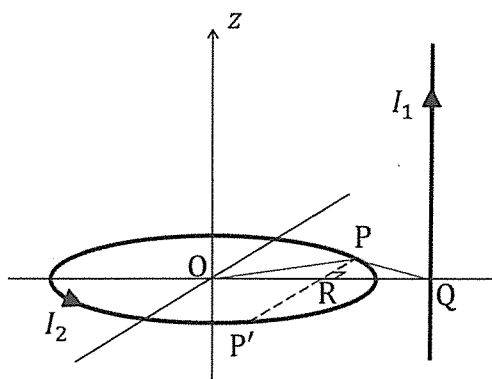


図4

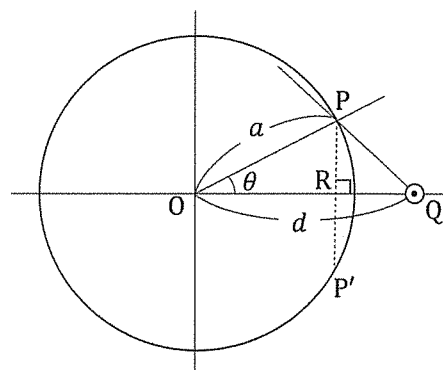


図5