

受験 番号	
----------	--

2025年度 岡山大学大学院環境生命自然科学研究科(博士前期課程)

環境生命自然科学専攻 数理情報科学学位プログラム

電気電子機能開発学コース 入学試験問題

専 門 科 目

(電磁気学・電気回路学)

注意

1. 試験時間は 1330～15:30 です。試験終了まで退室は認めません。
2. 配布された問題冊子1冊, 解答用冊子1冊を確認しなさい。ただし, 試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。また, どの冊子も切り離してはいけません。問題冊子は, この表紙を含めて7枚の問題紙を綴じています(2～6枚目:問題, 7枚目:下書き・計算用)。
3. すべての解答用紙および問題冊子の表紙の受験番号欄に受験番号を記入すること。採点の際に解答用紙を1枚ずつ切り離すので, 受験番号が記入されていない解答用紙に書かれた答案は採点されません。
4. 問題は第1問から第4問まであります。すべての問題に解答し, 解答用冊子の所定頁の表面に記入しなさい。指定と異なる解答用紙や裏面に書かれた答案は採点されません。
5. 問題紙の余白や裏面は下書きに利用してよいが, 記入された内容は採点対象としません。
6. 問題冊子と解答用冊子は, すべて試験終了後に回収します。

注意：(1) 結果だけでなく、考え方や導出過程についても記述すること。

(2) 国際単位系(SI)を用い、真空の誘電率は ϵ_0 、透磁率は μ_0 とする。

第1問(電磁気学その1)

問1

図 1-1-1 に示すように、真空中に厚さが無視できる半径 a の円盤がある。この円盤は xy 平面上にあり、円盤の中心は原点に一致している。円盤には一様な面電荷密度 $+\sigma$ で電荷が分布している。この電荷による、 z 軸上の点 $P(0,0,b)$ ($b > 0$) における無限遠を基準とする電位 V を以下の手順で求める。

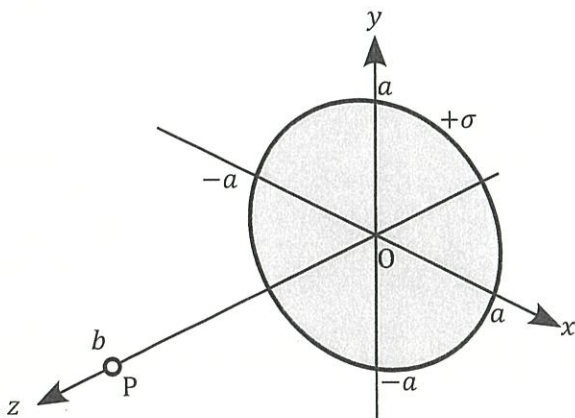


図 1-1-1

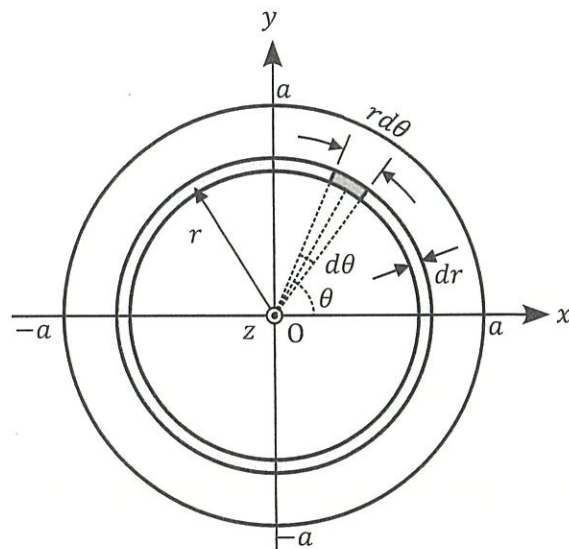


図 1-1-2

- (1) 図 1-1-2 に示すように、円盤上の半径 r の位置に微小幅 dr の円環を考える。この円環上の点 $(r \cos \theta, r \sin \theta, 0)$ を中心とする微小長さ $rd\theta$ の円弧にある電荷が z 軸上の点 $P(0,0,b)$ につくる電界 \mathbf{E}_1 を求め、ベクトルで表せ。
- (2) 図 1-1-2 に示す半径 r で微小幅 dr の円環にある電荷が z 軸上の点 $P(0,0,b)$ につくる電界 \mathbf{E}_2 を求め、ベクトルで表せ。
- (3) 図 1-1-1 に示す円盤全体にある電荷が z 軸上の点 $P(0,0,b)$ につくる電界 \mathbf{E}_3 を求め、ベクトルで表せ。
- (4) 図 1-1-1 の z 軸上の点 $P(0,0,b)$ における無限遠を基準とする電位 V を求めよ。

第1問(電磁気学その2)

問2

図 1-2-1 に示す円形断面を持つ円環鉄心に導線を巻きつけたトロイダルコイルについて以下の問いに答えよ。ただし、円環鉄心の中心半径は r 、円環鉄心の断面積は S 、コイル1の巻数は N_1 とする。そして、磁界は、透磁率 μ の円環鉄心の中に閉じ込められて外には漏れないものとする。また、円環鉄心の円形断面の半径に対し、円環鉄心の中心半径 r は十分に大きく、円環鉄心内の磁界は均一とする。

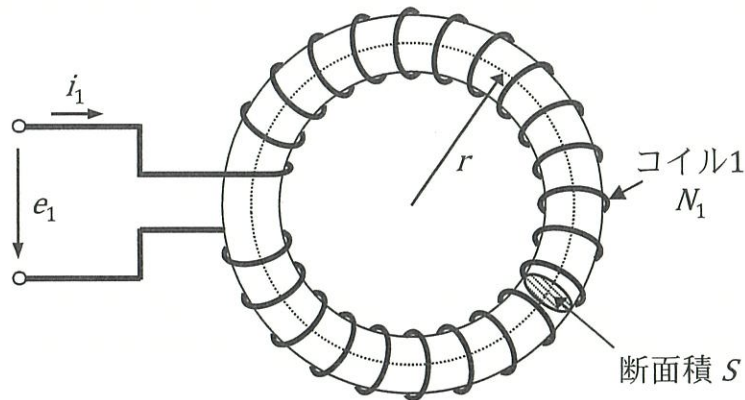


図 1-2-1

- (1) コイル1に電流 i_1 を流した際の円環鉄心内の磁界 H_1 を求めよ。
- (2) コイル1に電流 i_1 を流した際の円環鉄心内の磁束 ϕ_1 を求めよ。
- (3) コイル1の自己インダクタンス L_1 を求めよ。

図 1-2-1 に示すコイル1を巻いた円環鉄心に、破線で示すコイル2を追加で巻きつけたトロイダルコイルを図 1-2-2 に示す。ただし、コイル2の巻数は N_2 とする。そして、コイル1,2にそれぞれ正の電流 i_1, i_2 を流した場合、円環鉄心内に発生する磁束の向きは同じである。

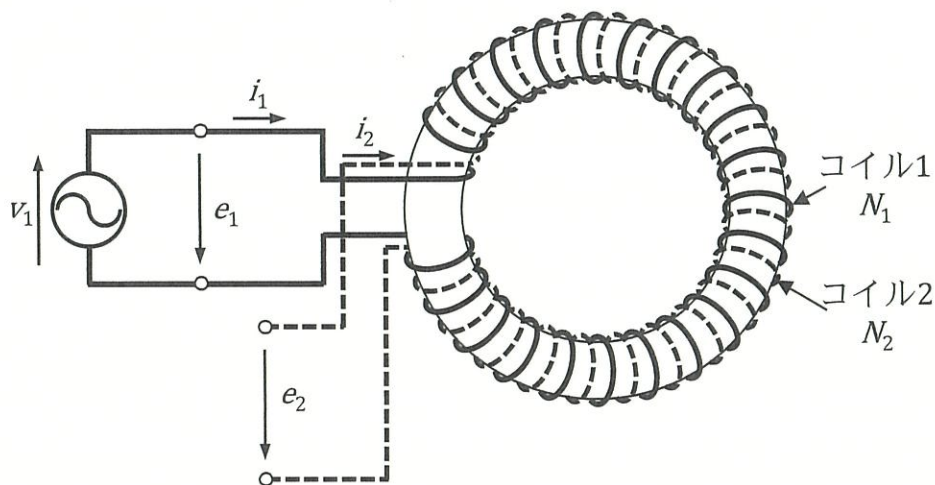


図 1-2-2

第1問(電磁気学その3)

- (4) コイル1とコイル2の間の相互インダクタンス M を求めよ。
- (5) コイル2の端子を開放した状態で、コイル1に交流電圧 $v_1 = \sqrt{2}V \sin \omega t$ を印加した際のコイル2に誘導される交流電圧 e_2 を求めよ。
- (6) コイル2の端子に負荷抵抗 R を接続した状態で、コイル1に交流電圧 $v_1 = \sqrt{2}V \sin \omega t$ を印加した際のコイル1に流れる交流電流 i_1 を求めよ。ただし、コイル1,2の導線の抵抗は無視できるとする。

第2問(電気回路学その1)

問 1

図 2-1-1 のようなインピーダンス Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z と角周波数 ω の交流電圧源 E からなる回路を考える。
以下の問いに答えよ。

- (1) 図のようにループ電流 I_1, I_2, I_3 を考え、各ループについて回路方程式を示せ。
- (2) インピーダンス Z に流れる電流 I_3 を Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z および E を用いて表せ。
- (3) $I_3 = 0$ になるための Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 の関係を求めよ。
- (4) Z_1 が図 2-1-2 の抵抗器の抵抗 R_1 とコンデンサのキャパシタンス C_1 の回路素子の並列接続構成であり、 Z_2, Z_3 は抵抗器で構成され、その抵抗値は、それぞれ R_2, R_3 とする。 $I_3 = 0$ になるために必要な Z_4 を $\omega, R_1, C_1, R_2, R_3$ を用いて表せ。
- (5) (4) で求めた Z_4 を実現する回路図を示せ。ただし、 Z_4 を構成する回路素子は ω に依存しない定数を持つ。その定数を図中の素子に明記すること。

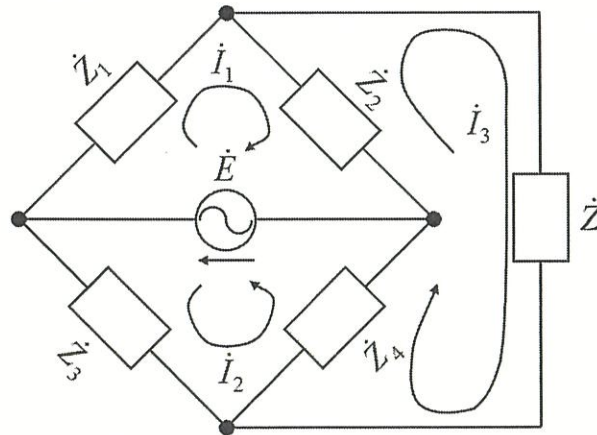


図 2-1-1

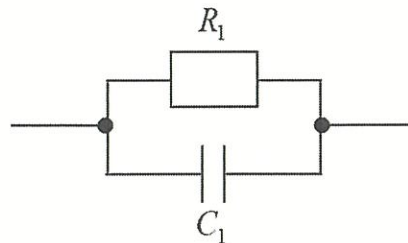


図 2-1-2

第2問(電気回路学その2)

問 2

図 2-2 に示す回路について、以下の問いに答えよ。ここで、 $E_1 > 0$ 、 $E_2 > 0$ は直流電圧源の起電力、 R_1 、 R_2 、 R_3 は抵抗器の抵抗、 C はコンデンサのキャパシタンス、 S はスイッチ、 $v(t)$ はコンデンサにかかる電圧を表す。

最初にスイッチ S は a 側に接続されて十分時間が経ったあと、 $t = 0$ において回路は定常状態にあった。

(1) $t = 0$ におけるコンデンサの電圧 $v(0)$ を求めよ。

$t = 0$ において S を切り替え、 $0 < t < T$ においてスイッチ S は b 側に接続される。

(2) $0 < t < T$ における電圧 $v(t)$ を求めよ。

$t = T$ において再び S を a 側に切り替える。

(3) コンデンサを除いた端子対 a-g の右から左を見たテブナンの等価回路を示せ。

(4) $t > T$ における電圧 $v(t)$ が満たす方程式を求めよ。

(5) $t > T$ における電圧 $v(t)$ を求めよ。

(6) 以上の(5)までで求めた $t \geq 0$ における $v(t)$ のグラフの概形を解答用紙の図に示せ。ただし、 $E_1 = E_2 = 10 \text{ V}$ 、 $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \Omega$ 、 $C = 0.1 \text{ F}$ 、 $T = 1 \text{ s}$ とし、 $v(T)$ の値、およびグラフの $t \rightarrow \infty$ における漸近線も図中に示すこと。また、自然対数の底の値が必要なら $e \cong 2.7$ で概算せよ。

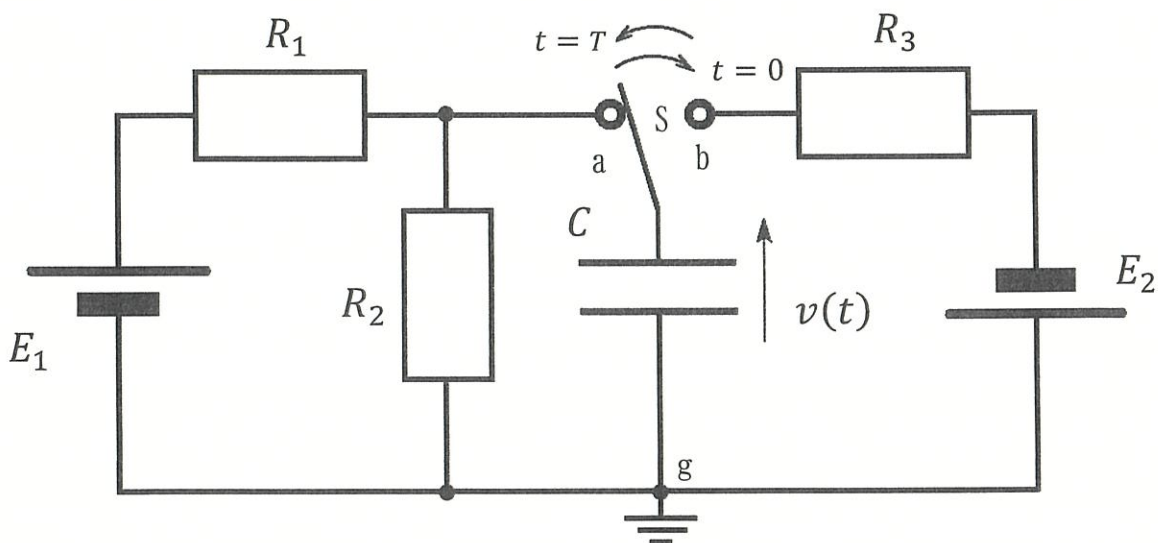


図 2-2