

令和5年度

宇都宮大学工学部第3年次編入学

専門科目試験問題

「電磁気学・電気回路」

〔試験日〕 令和4年7月5日(火)

〔試験時間〕 9:40～12:00

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. 試験問題は第1問から第4問までである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所があった場合には、申し出ること。
4. 問題について、質問がある場合には、その場で質問すること。
5. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
6. 問題用紙は持ち帰ること。解答用紙は回収する。
7. 体の具合が悪くなった場合、用便などの場合は、手をあげて監督者に申し出ること。

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

**第1問** 一様に分布している電荷密度  $\rho$ 、半径  $a$  の球状の電荷がある。真空の誘電率を  $\epsilon_0$  として以下の問い（問1、問2、問3、問4）に答えよ。なお、計算過程も記入せよ。

問1  $r > a$  のとき、半径  $r$  における電場の大きさ  $E_1(r)$  を求めよ。

問2  $r > a$  のとき、半径  $r$  における電位  $V_1(r)$  を求めよ。

問3  $0 < r \leq a$  のとき、半径  $r$  における電場の大きさ  $E_2(r)$  を求めよ。

問4  $0 < r \leq a$  のとき、半径  $r$  における電位  $V_2(r)$  を求めよ。

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

**第2問** 電流と磁束密度に関する以下の問い（問1，問2；問3，問4）に答えよ。ただし，真空の透磁率を  $\mu_0$  とする。なお，計算過程も記入せよ。

問1 図1のように  $z$  軸上の正方向に流れる無限長直線電流（断面が円で，半径  $a$ ，直径  $2a$ ）があり， $I = \int_S \mathbf{i} \cdot \mathbf{n} dS$  で与えられる。ここで， $I$  は電流の大きさ， $\mathbf{i}$  は電流密度， $S$  は  $z$  軸を中心とする円周路  $C$  の作る面， $\mathbf{n}$  は  $z$  方向の単位ベクトルである。直線電流からの距離  $r$  ( $r > a$ ) の点  $P$  における磁束密度を  $\mathbf{B}$  とするとき，アンペアの周回積分の法則の微分形の式  $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{i}$  から，積分形の式を導出せよ。

問2 問1において，磁束密度の大きさ  $B (= |\mathbf{B}|)$  を求めよ。

問3 問1において，点  $P(r, \theta, z)$  における磁束密度を  $\mathbf{B} = (B_r, B_\theta, B_z)$  の形で表せ。さらに  $\mathbf{B}$  が  $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$  を満足することを示せ。ここで， $\nabla = \left( \frac{\partial}{\partial r}, \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$  である。

問4 図2のように，半径方向に延びる半直線と半径  $r$  の円の中心角  $\phi$  の円弧の部分に電流  $I_0$  が流れているとき，円の中心における磁束密度の大きさ  $B_0$  を求めよ。

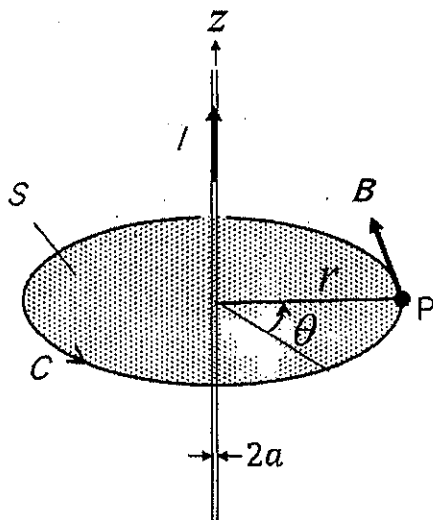


図1

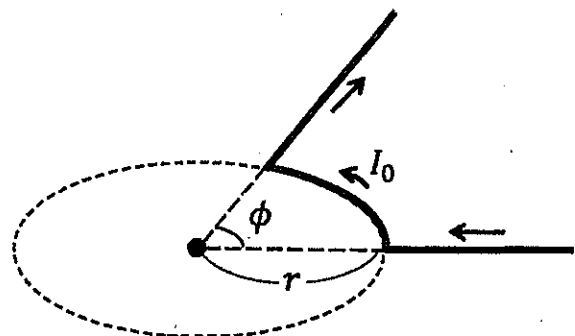


図2

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

**第3問** 図3に示す瞬時電圧  $e(t)$  をもつ電圧源を, 抵抗  $R$ , インダクタ  $L$ , キャパシタ  $C$  のいずれか1素子で構成される回路に接続した。以下の問い(問1, 問2, 問3)に答えよ。なお, 解答が分数となる場合は既約分数の形とし, 計算過程も記入せよ。

問1 この瞬時電圧  $e(t)$  の複素数表示  $E$  を求め, そのフェーザ図を解答欄Iに描け。なお, 軸の値も解答欄Iに記入せよ。

問2 この回路に複素電流  $I = 5 - j5$  [A] が流れた。このとき, 電流の瞬時値  $i(t)$  を求め, その波形を解答欄IIに描け。なお, 軸のキャプション, 目盛りも解答欄IIに記入せよ。

問3 この回路で使用されている複素インピーダンス  $Z$  および素子の種類 ( $R$  or  $L$  or  $C$ ) を理由も含めて答えよ。

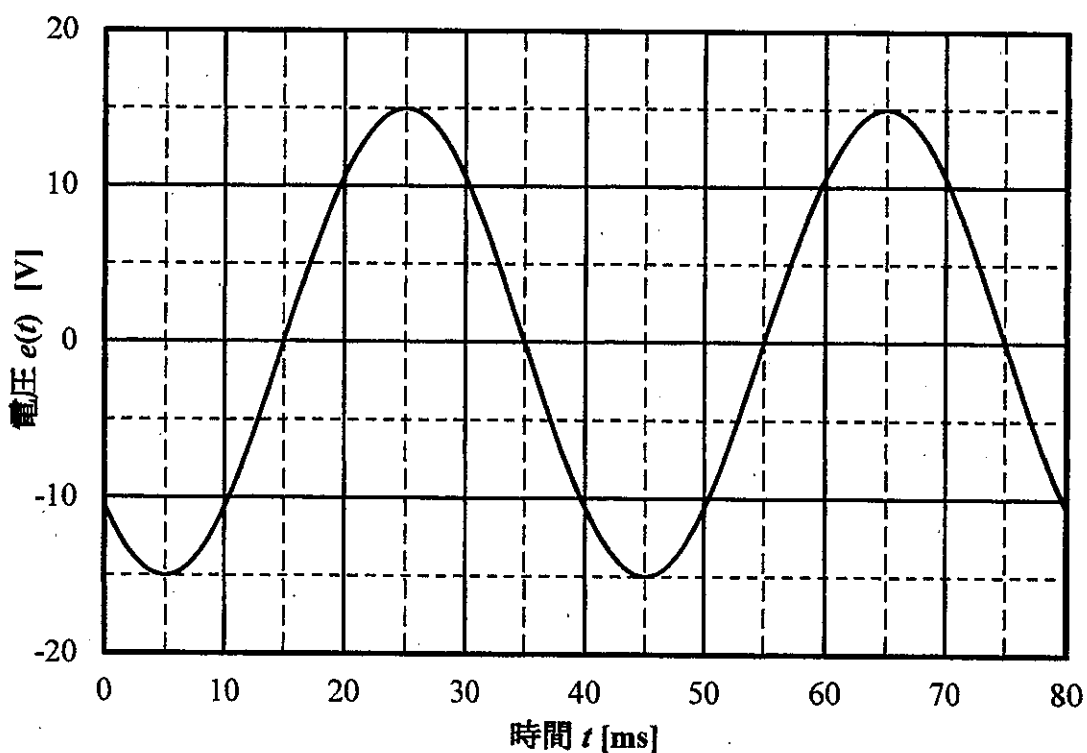


図3 瞬時電圧  $e(t)$  のグラフ

科目名	電磁気学・電気回路	検査コース	情報電子オプティクスコース電気電子分野
-----	-----------	-------	---------------------

第4問 図4に示す直流電圧源  $E$ , 2つの抵抗  $R$ , キャパシタ  $C$ , スイッチ  $SW$  から構成される回路を考える。最初スイッチ  $SW$  は開いており,  $C$  に蓄えられている電荷はゼロである。以下の問い (問1, 問2, 問3, 問4) に答えよ。なお, 計算過程も記入せよ。

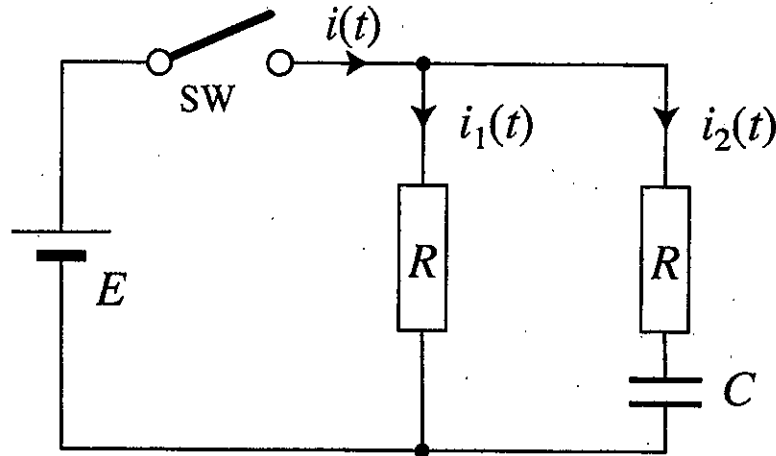


図4

- 問1 スイッチ  $SW$  を閉じた直後 ( $t = 0$ ) に回路に流れる全電流  $i(t)$  を求めよ。
- 問2 問1でスイッチ  $SW$  を閉じた後,  $t > 0$  における全電流  $i(t)$  を求めよ。
- 問3 スイッチ  $SW$  を閉じてじゅうぶん時間が経った後 ( $t \rightarrow \infty$ ), 回路に流れる全電流  $i(t)$  を求めよ。
- 問4 問3でスイッチ  $SW$  を閉じてじゅうぶん時間が経ってから, スイッチ  $SW$  を開いた。この時刻をあらためて  $t = 0$  とする。  $t > 0$  における電流  $i_2(t)$  を求めよ。