

令和5年度 豊橋技術科学大学第3年次入学者選抜学力検査問題

専 門 科 目 （ 2 : 電 気 ・ 電 子 情 報 工 学 ）

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図まで、この問題冊子と解答用紙を開いてはいけません。
- 2 問題冊子の枚数は表紙、草稿用紙を含めて7枚です。
- 3 問題冊子とは別に解答用紙が7枚あります。解答は用紙の裏面にまわってはいけません。
- 4 問題は[1]～[5]の5問より3問を選択して解答してください。  
選択する問題の解答用紙の選択欄に○、選択しない問題の解答用紙の選択欄に×を明確に記入してください。選択欄が未記入の場合、または、記入が明確でない場合は×とみなします。  
**なお、問題を4問以上選択した場合は、全問0点となりますので注意してください。**
- 5 解答にかかる前に、すべての解答用紙の所定の箇所に受験番号を記入してください。
- 6 解答は必ず各問題別の解答用紙の所定の欄に記入してください。
- 7 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあれば、ただちに申し出てください。
- 8 問題冊子の余白は草稿用として使用しても構いません。
- 9 試験終了時刻まで退出してはいけません。
- 10 問題冊子は持ち帰ってください。

(草稿用紙)

[1] 真空の誘電率を  $\epsilon_0$ [F/m], 真空の透磁率を  $\mu_0$ [H/m]として, 以下の問いに答えよ。

- (1) 図1-1に示すように, 真空中に長さ  $l$ [m], 半径  $a$ [m]の導体円柱と, 円柱と長さおよび中心が同じ内半径  $b$ [m], 外半径  $c$ [m]の導体円筒が置かれている。いま導体円柱に単位長さあたり  $Q$ [C/m]の正電荷, 導体円筒に単位長さあたり  $-2Q$ [C/m]の負電荷をそれぞれ与えた。円柱, 円筒の長さは十分に長く ( $2c \ll l$ ), 端部の影響は無視できるとして, 以下の問いに答えよ。

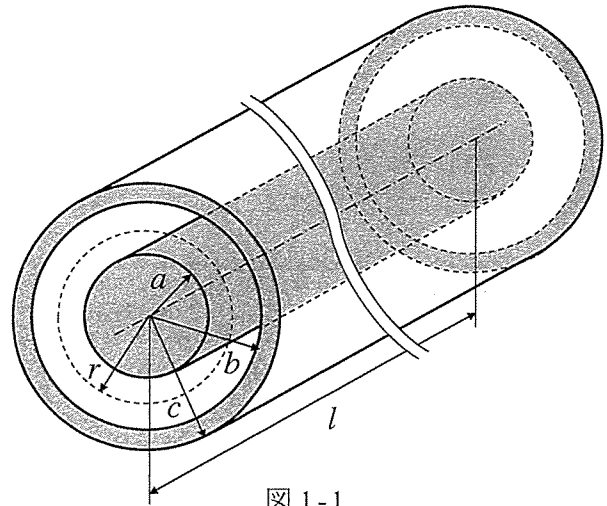


図1-1

ア. この導体円柱および導体円筒の周りの軸方向から見た断面の電気力線の様子を解答用紙の図に描け。

イ. 導体円柱の中心軸からの距離を  $r$ [m]として,  $a < r < b$ ,  $b < r < c$ , および  $c < r < 2c$ における電界  $E$ [V/m]をそれぞれ求めよ。

ウ. 導体円筒の電位を  $V_0$ [V]とするとき, 導体円柱の電位  $V$ [V]を求めよ。

エ. 導体円筒を接地したとき, この導体円柱と導体円筒からなるコンデンサの静電容量  $C$ [F]を求めよ。

- (2) 図1-2のように, 無限に長い2本の導線が  $xy$ 平面上にあり, それぞれ  $x$ 軸に平行に置かれており, 導線1は  $y=0$ の位置に, 導線2は  $y=d$ [m]の位置にある。導線1には  $x$ 軸正の方向に  $I$ [A], 導線2には導線1とは逆向きに  $2I$ [A]の大きさの電流が, それぞれ流れている。以下の問いに答えよ。

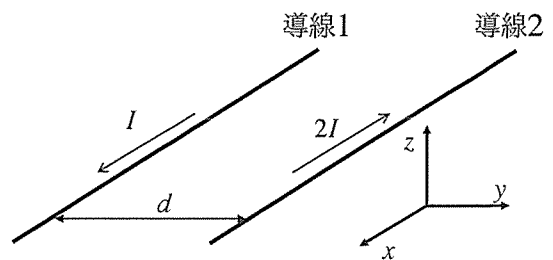


図1-2

ア. 導線1に流れる電流により, 導線2の位置に生じる磁束密度  $B$ [T]の大きさと向きを求めよ。

イ. 導線2の単位長さあたりに生じる力  $F$ [N/m]の大きさと向きを求めよ。

ウ.  $xy$ 面内で磁束密度の大きさが  $B=0$ となる  $y$ 軸上の位置を求めよ。

[ 2 ] 以下の問いに答えよ。

(1) 図2-1に示すように、2つの直流電源 $V_1$ 、 $V_2$ 、2つの抵抗 $r$ 、 $R$ 、インダクタ $L$ からなる回路がある。スイッチ $S$ は開いた状態で、回路は定常状態にあるとする。

ア.  $S$ を閉じる前の定常状態において、 $L$ を流れる電流 $I_0$ の大きさを求めよ。

イ. 時刻 $t = 0$ で $S$ を閉じたとき、時刻 $t > 0$ に $L$ を流れる電流 $i(t)$ を求めよ。

ウ. 時刻 $t = 0$ で $S$ を閉じた後、 $L$ を流れる電流 $i(t)$ が $t > 0$ によらず常に一定値のままであった。このとき、 $V_2/V_1$ を求めよ。

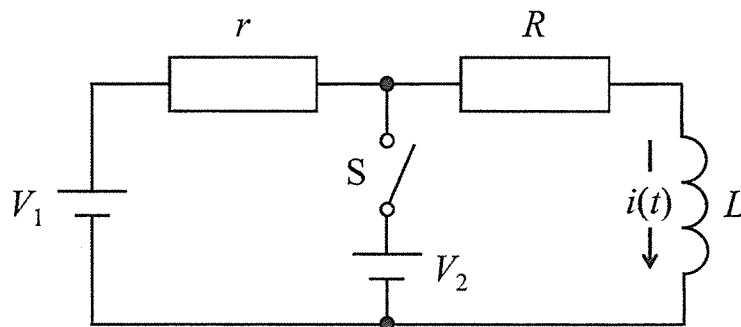


図2-1

(2) 図2-2に示すように、交流電源 $E$ 、抵抗 $R$ 、誘導性リアクタンス $X_L$ 、容量性リアクタンス $X_C$ からなる回路がある。 $E=10\text{ V}$ 、 $R=10\ \Omega$ 、 $X_L=5\ \Omega$ 、 $X_C=10\ \Omega$ とし、電源電圧の位相を位相基準とする。

ア. 回路全体のインピーダンス $Z_0[\Omega]$ を計算し、複素数で示せ。

イ.  $X_C$ での電圧降下 $V_C[\text{V}]$ を計算し、複素数で示せ。

ウ.  $R$ を流れる電流 $I_R[\text{A}]$ を計算し、複素数で示せ。

エ.  $X_L$ を流れる電流 $I_L[\text{A}]$ の電源電圧に対する位相差 $\theta_L[\text{rad}]$ を求めよ。

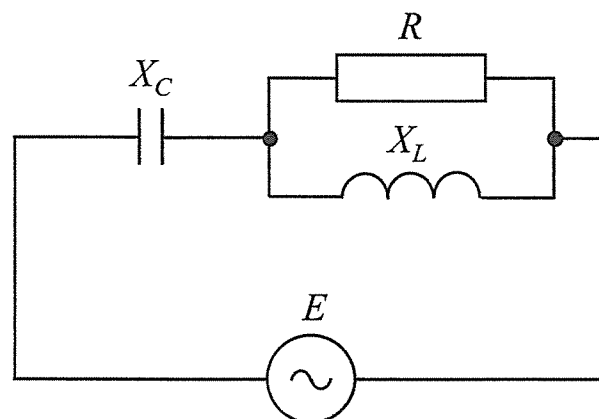


図2-2

[ 3 ] 以下の問いに答えよ。

(1) 理想的な演算増幅器を用いた図3-1および図3-2の回路について答えよ。

ア. 図3-1の回路において、スイッチ $S_2$ ,  $S_3$ を開いたときの電圧 $v_{out}$ を抵抗 $R_0$ ,  $R_1$ , 電圧 $v_1$ を用いて表せ。

イ. 図3-1の回路において、スイッチ $S_2$ ,  $S_3$ を閉じたときの電圧 $v_{out}$ を抵抗 $R_0$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , 電圧 $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ を用いて表せ。

ウ. 図3-2の回路において、時刻 $t$  ( $t > 0$ )における電圧 $v_{out}(t)$ を容量 $C$ , 抵抗 $R$ , 電圧 $v_{in}(t)$ を含む式で表せ。ただし時刻 $t = 0$ において電圧 $v_{out}(0) = 0$ とする。

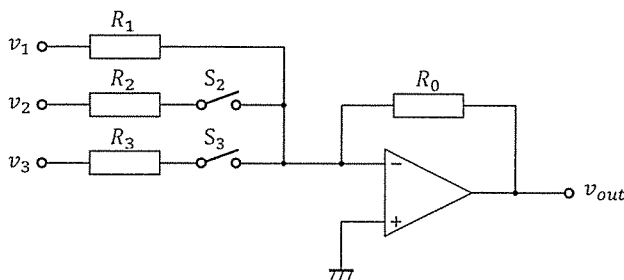


図3-1

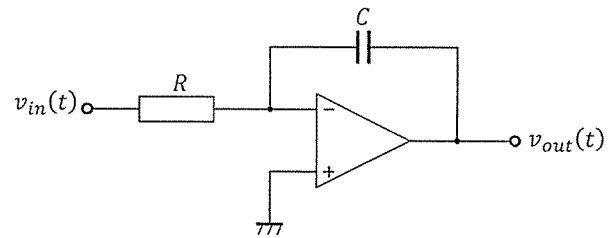


図3-2

(2) ダイオードを用いた図3-3, 図3-4, 図3-5の回路について答えよ。ただし、ダイオードの特性は全て同一で立ち上がり電圧 $v_{on} = 1$  V, オン抵抗 $R_{on} = 0$   $\Omega$ とする。また交流電源 $v_i$  [V]は図3-6に示す波形とする。

ア. 図3-3の回路の電圧 $v_o$  [V]は図3-7に示す波形であった。このときの直流電源の電圧 $E$  [V]を求めよ。

イ. 図3-4の回路の電圧 $v_o$  [V]の波形を描け。

ウ. 図3-5の回路の電圧 $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  [V]を求めよ。ただし、スイッチ $S$ を閉じてから十分時間が経過しているものとする。

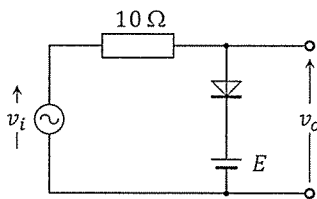


図3-3

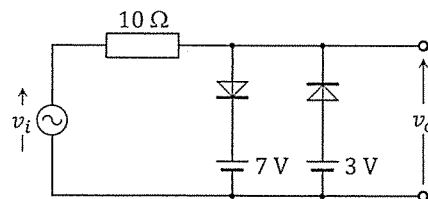


図3-4

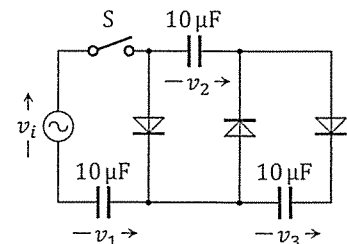


図3-5

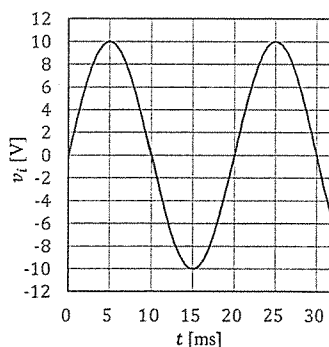


図3-6

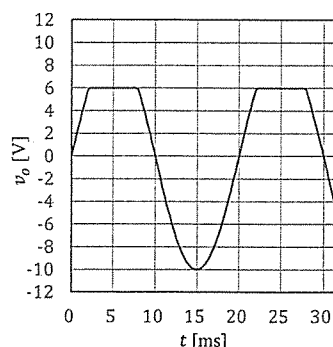


図3-7

[4] 無記憶な二元対称通信路を通じてビット系列を送信したときに、雑音の影響によってビット反転が生じる確率（以後、ビット反転確率と呼ぶ。）を測定データから推定する問題を考える。

通信路の定義から、各送信ビットは、ビット反転確率 $p$ でビット0が1に、ビット1が0に反転し、確率 $1-p$ でそのまま受信される。送信ビットが反転するかどうかは、送信時点ごとに独立とする。

通信路の対称性により、ビット反転確率 $p$ の推定値 $\hat{p}$ は、ビット0を $n$ 回送信したときに、ビット1を受信する回数 $k$ の割合 $\hat{p} = k/n$ として得られる。 $n$ を自然数、 $k$ を $0 \leq k \leq n$ を満たす整数、 $p$ を $0 < p < 1$ を満たす実数として、以下の問いに答えよ。

(1) ビット反転確率 $p$ を用いて、以下の確率を答えよ。

- ア. ビット0を3回送信したときに、ビット1を1回も受信しない確率 $p_{3,0}$
- イ. ビット0を3回送信したときに、ビット1を2回受信する確率 $p_{3,2}$
- ウ. ビット0を10回送信したときに、ビット1を4回受信する確率 $p_{10,4}$

(2) ビット反転確率 $p$ の推定値を $\hat{p} = k/n$ としたときに生じる相対推定誤差は、変動係数 $\sigma_n(p)/p$ を使って推計できる。ただし、標準偏差 $\sigma_n(p)$ は、ビット0を $n$ 回送信したときに、ビット1を $k$ 回受信する確率を $p_{n,k}$ として、

$$\sigma_n(p) = \left\{ \sum_{k=0}^n \left( \frac{k}{n} \right)^2 p_{n,k} - p^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

と定義される。

- ア.  $n=1$ の場合に、分散 $\sigma_1^2(p)$ を求めよ。
- イ.  $n=2$ の場合に、分散 $\sigma_2^2(p)$ を求めよ。
- ウ. ビット反転確率 $p$ は未知なので、 $p$ の代わりに推定値 $\hat{p} = k/n$ を代入した $\sigma_n(\hat{p})/\hat{p}$ を変動係数の推定値として使用する。ビット0を2回送信したときに、ビット系列01を受信した。この場合の変動係数の推定値 $\sigma_n(\hat{p})/\hat{p}$ を求めよ。

[5] 以下の問いに答えよ。

- (1) モル質量  $M$  [g/mol] の，ある原子だけからなる図5-1のような体心立方格子構造の結晶について考える。図5-1での体心立方格子の1辺の長さを  $a$  [cm] とし，アボガドロ定数を  $N_A$  [1/mol] とする。また，格子点には原子の中心があり，それぞれの原子は球として接していると考えことにする。

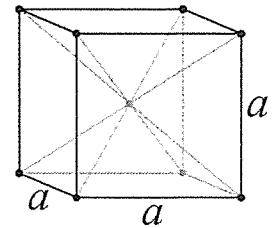
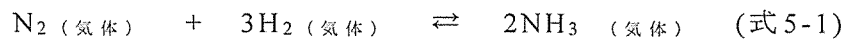
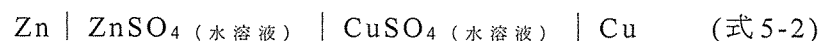


図5-1

- ア．原子の配位数はいくらか答えよ。  
 イ．単位格子中に含まれる原子の数を答えよ。  
 ウ．結晶中の原子の半径  $r$  [cm] を必要な数値と記号で答えよ。  
 エ．結晶の密度  $\rho$  [g/cm<sup>3</sup>] を必要な数値と記号で答えよ。
- (2) 窒素と水素からアンモニアが生成するときの反応は発熱反応であり，平衡状態は，下記の式5-1のように表される。



- ア．一定圧力下で平衡状態にある窒素，水素，アンモニアの混合物を冷却すると，反応は式5-1の左右どちらの方向に移動するか答えよ。  
 イ．温度を一定に保ったまま，この平衡状態にある混合物を圧縮すると，反応は式5-1の左右どちらの方向に移動するか答えよ。  
 ウ．窒素の分圧を  $p_1$ ，水素の分圧を  $p_2$ ，アンモニアの分圧を  $p_3$  としたときに，圧平衡定数  $K_p$  を  $p_1$ ， $p_2$ ， $p_3$  を用いて表せ。
- (3) ダニエル電池では，負極の亜鉛が硫酸亜鉛水溶液に，正極の銅が硫酸銅水溶液に浸され，両溶液は，多孔性の壁で隔てられている。これを電池式で示すと式5-2のように表される。



- ア．負極における半電池反応を示せ。  
 イ．正極における半電池反応を示せ。  
 ウ．亜鉛の標準電極電位  $E^\ominus (\text{Zn}^{2+} \mid \text{Zn}) = -0.763 \text{ V}$ ，銅の標準電極電位  $E^\ominus (\text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}) = +0.337 \text{ V}$  として，ダニエル電池の標準起電力  $E^\ominus$  [V] を求めよ。