

受験番号	
------	--

令和6年度  
専攻科入学者選抜学力検査問題(後期)  
機械・電気システム工学専攻  
専門(電気電子工学系)

総 得 点	

出題5問中、4問を選択し解答すること。  
なお、選択した問題4問の番号を下の□に記入すること。

選択した4問の番号				
得 点 欄	※	※	※	※

※印欄は、記入しないでください。

(注 意)

- 1 検査問題用紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 検査問題用紙は 1 ページ から 5 ページまでである。  
検査開始の合図のあとで確かめること。
- 3 定規、コンパス、物差し、分度器および計算機は用いないこと。
- 4 受験番号は検査問題表紙及び全ての検査問題用紙に記入すること。

久留米工業高等専門学校

得	点

問題1. 図1のように、真空中に、一辺の長さ $l$ [m]の正方形の金属板2枚を、間隔 $d$ [m]を隔てて平行において作った平行平板コンデンサに、電圧 $V_0$ [V]の電池を接続した。その後、図1のように平行平板間に誘電率 $\epsilon$ [F/m]の誘電体を長さ $x$ [m]だけ挿入した。以下の問いに答えよ。ただし、真空の誘電率は、 $\epsilon_0$ [F/m]とし、端効果は無視できるとする。

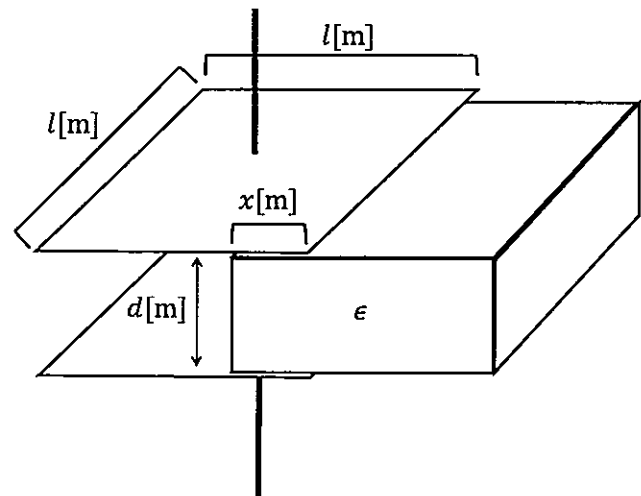


図1

(1) 誘電体が挿入されている部分のコンデンサの容量[F]を答えよ。

(2) 誘電体が挿入されていない部分のコンデンサの容量[F]を答えよ。

(3) 誘電体が挿入されているときのコンデンサ全体の容量[F]を答えよ。

(4) 誘電体が挿入されているとき、コンデンサに蓄えられているエネルギー[J]を答えよ。

(5) 誘電体挿入前 ( $x=0$ ) のこのコンデンサに蓄えられているエネルギー[J]を答えよ。

(6) 誘電体を  $x$  [m]挿入するのに必要なエネルギー[J]を答えよ。

受験番号	
------	--

機械・電気システム工学専攻 専門(電気電子工学系)

得	点

問題2. 図1は原子核の周りを核外電子が一定速度で回転する水素原子の原子模型である。原子核の電荷量は  $+e$  [C]、核外電子の数は1個で電荷量は  $-e$  [C]、電子の質量を  $m$  [kg]、電子の速度を  $u$  [m/s]、電子の軌道半径を  $r$  [m]とする。以下の問いに答えよ。ただし、重力を無視し、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m]、円周率を  $\pi$ 、プランク定数を  $h$  [J・s]、 $n=1, 2, 3, \dots$ とする。(25点)

(1) 核外電子には大きさ  $F_1 = mu^2/r$  [N]の遠心力に加えてクーロン力  $F_2$ が作用する。その大きさ  $F_2$  [N]を示せ。

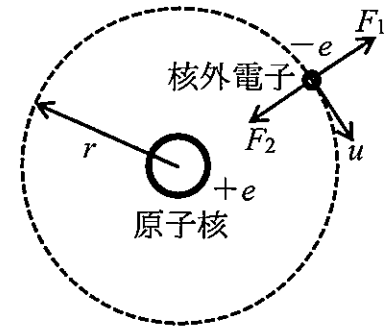


図1

(2) ボーアの量子条件「電子の運動量の軌道上での線積分値はプランク定数  $h$  の整数倍となる」を表した式を、次の(ア)～(エ)の中から1つ選び、記号を丸で囲め。

- (ア)  $2\pi mu = nh$       (イ)  $2\pi r mu = nh$       (ウ)  $2\pi r mu^2 = nh$       (エ)  $\pi r mu^2 = nh$

(3) 前問(1)および(2)より、 $n$ を用いて軌道半径  $r$  [m]を表し、とびとびの値を持つことを示せ。

(4) 軌道上の電子の全エネルギー  $E_n$  [J]は、運動エネルギー  $mu^2/2$  [J]と位置エネルギー  $-e^2/(4\pi\epsilon_0 r)$  [J]の和で与えられる。 $n$ を用いて  $E_n$  [J]を表し、とびとびの値を持つことを示せ。

(5) 水素原子の電離エネルギー(電離電圧)を13.6 eVとして、 $n=1$ の基底状態から  $n=2$ の励起状態へ励起するために必要な励起エネルギー(励起電圧)  $E_{ex}$  [eV]の数値を求めよ。

(6) 水素原子の電離エネルギー(電離電圧)を13.6 eVとして、 $n=2$ の励起状態から  $n=1$ の基底状態へ遷移した際に放出される光の波長  $\lambda$  [nm]の数値を求めよ。ただし、プランク定数  $h = 6.6 \times 10^{-34}$  J・s、光速  $c = 3.0 \times 10^8$  m/s、 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19}$  Jとする。

受験番号	
------	--

機械・電気システム工学専攻 専門(電気電子工学系)

得	点

問題3. 図1の抵抗  $(R)$  とインダクタンス  $(L)$  とキャパシタンス  $(C)$ 、そして直流電源(電圧 $V$ ) から構成される直流回路のスイッチ  $S$  を時刻  $t = 0$  で閉じた。この時のキャパシタンス  $(C)$  の電荷  $q(t)$  の過渡解析を行いたい。以下の問いに答えよ。ただし、電流  $i$  の向き、電荷  $q$  の極性は、図1の通りとし、 $i, q$  の初期値はゼロとする。  
(25点)

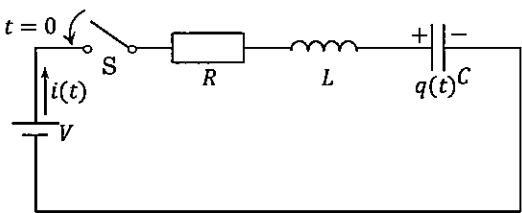
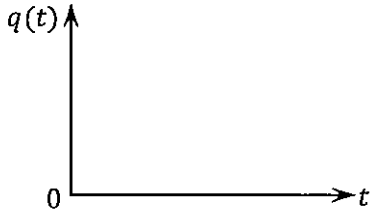


図1

- (1) 電流  $i(t)$  と電荷  $q(t)$  の間に成り立つ関係式を解答欄(関係式)に示せ。  
【解答欄(関係式)】
- (2) 時刻  $t \geq 0$  で成り立つ電荷  $q(t)$  に関する回路方程式を解答欄(方程式)に示せ。ただし、方程式は電流  $i(t)$  を含まない最終的なもののみを示し、左辺に電荷  $q(t)$  を含む項を、右辺にはそれ以外の項を集めよ。  
【解答欄(方程式)】
- (3) 上記の(2)の電荷  $q(t)$  に関する回路方程式をラプラス変換により解きたい。 $q(t)$  のラプラス変換を  $Q(s)$  とした時、 $Q(s)$  を表す式として適切なものを下枠の選択肢(ア) ~ (エ) から1つ選び、解答欄(記号)に記号を記入せよ。  
【解答欄(記号)】
- (4) 上記の(2)の回路方程式から求まる電荷  $q(t)$  の時間変化が臨界制動となる条件として適切なものを、下枠の選択肢(オ) ~ (コ) からそれぞれ1つ選び、解答欄(記号)に記号を記入せよ。また、臨界制動時の  $q(t)$  の変化を示す曲線の概形を解答欄(曲線)に直接記入せよ。  
【解答欄(記号)】                      【解答欄(曲線)】



【選択肢】

(ア) $Q(s) = \frac{V}{L} \cdot \frac{1}{s(s^2 + \frac{L}{R}s + \frac{1}{RC})}$	(イ) $Q(s) = \frac{V}{R} \cdot \frac{1}{s(s^2 + \frac{L}{R}s + \frac{1}{RC})}$
(ウ) $Q(s) = \frac{V}{L} \cdot \frac{1}{s(s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC})}$	(エ) $Q(s) = \frac{V}{R} \cdot \frac{1}{s(s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC})}$
(オ) $R^2 - 4\frac{L}{C} > 0$	(カ) $R^2 - \frac{L}{C} > 0$
(ケ) $R^2 - 4\frac{L}{C} < 0$	(コ) $R^2 - \frac{L}{C} < 0$

受験番号	
------	--

機械・電気システム工学専攻 専門(電気電子工学系)

得	点

問題4. オペアンプ(演算増幅器)やオペアンプ応用回路について、次の問いに答えよ。ただし、オペアンプは理想特性を持つものとする。(25点)

(1) オペアンプを用いた回路にはイマジナリショート(仮想短絡)という性質がある。この性質は下記のどの回路で成り立つか、記号を丸で囲め。

(ア) 正帰還回路がある回路 (イ) 負帰還回路がある回路 (ウ) 帰還回路がない回路

(2) ショート(短絡)とイマジナリショート(仮想短絡)の違いを述べよ。

(3) 図1のオペアンプや抵抗器を用いて、回路が加算回路として動作するように配線せよ。ただし、 $v_1$ 、 $v_2$ を入力電圧、 $v_0$ を出力電圧とする。

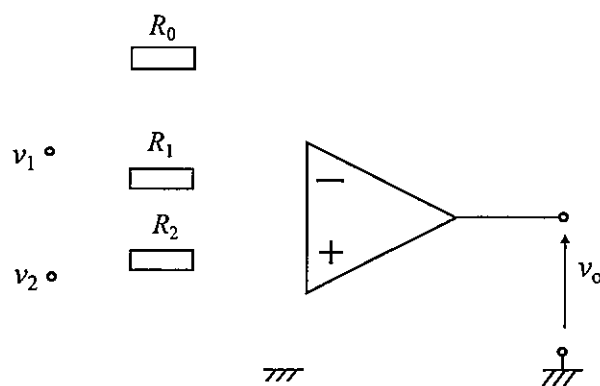


図1

(4) 図1の回路において、 $v_0 = -(2v_1 + 5v_2)$  を出力するよう回路素子  $R_1$ 、 $R_2$  の値を決めよ。ただし、 $R_0 = 10\text{ k}\Omega$  とする。

$R_1 =$

$R_2 =$

(5) 図2の減算回路において、 $R_1 = R_2 = R_3 = 1\text{ k}\Omega$ 、 $R_4 = 4\text{ k}\Omega$  とする。入力電圧  $v_1 = 6\text{ V}$ 、 $v_2 = 10\text{ V}$  のときの出力電圧  $v_0$  を求めよ。

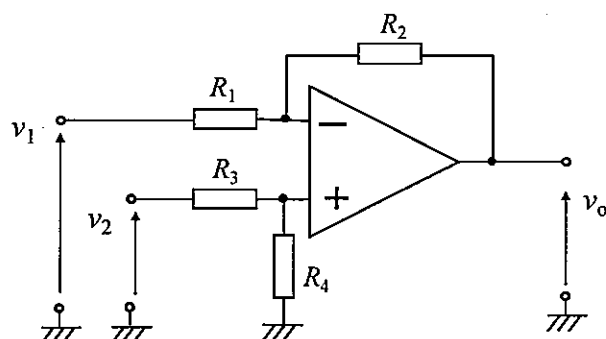


図2

$v_0 =$

受験番号	
------	--

機械・電気システム工学専攻 専門(電気電子工学系)

得	点

問題5. 情報処理に関する次の問いについて、答えを解答群の記号ア～オから一つ選び、記号を丸で囲め。ただし、論理式の上線  $\bar{\quad}$  は否定 (NOT)、 $\cdot$  は論理積 (AND)、 $+$  は論理和 (OR)、 $\oplus$  は排他的論理和 (XOR)を表す。(25点)

(1) BCD 符号で表された整数 0010 0101 0101 に等しいものはどれか。

【解答群】

- ア 2進数 1 0000 0000    イ 10進数 597    ウ 16進数 255  
 エ 16進数 FF    オ 2進数 10 0101 0101

(2) 論理式  $Y = A \oplus (A \cdot B)$  と等しい論理式はどれか。

【解答群】

- ア  $Y = A \cdot \bar{B}$     イ  $Y = \bar{A} \cdot B$     ウ  $Y = A \oplus B$     エ  $Y = A$     オ  $Y = A + B$

(3) 図1はDフリップフロップ3個で構成された同期式ダウンカウンタである。出力は2進数  $(Q_2Q_1Q_0)_2$  を表す。制御回路の部分の入出力の関係は次の論理式に従う。

$$D_2 = \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} + Q_2 \cdot Q_1 + Q_2 \cdot Q_0,$$

$$D_1 = \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_0} + Q_1 \cdot Q_0,$$

$$D_0 = Q_2 \cdot \overline{Q_0} + Q_1 \cdot \overline{Q_0}$$

これは何進のダウンカウンタとして動作するか。

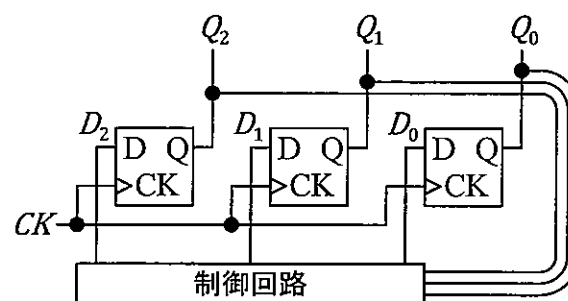


図1

【解答群】

- ア 4進    イ 5進    ウ 6進    エ 7進    オ 8進

(4) 図2はあるプログラミング言語で書かれた、ある漸化式の数列の極限を数値計算するプログラムである。4行目から8行目までは‘while’文による無限ループである。6行目の‘if’文で変数‘y’と‘y\_0’の値がほぼ等しくなったと判定されれば、7行目の‘break’文で無限ループを抜ける。このプログラムが実行されたとき、9行目の‘print’関数で出力に表示された数値はどれか。

```

1  eps = 0.001
2  x = 100
3  y_0 = 1
4  while True:
5      y = (x / y_0 + y_0) / 2
6      if abs(y - y_0) < eps:
7          break
8      y_0 = y
9  print(y)
    
```

図2

【解答群】

- ア -5.773821078452159  
 イ 0.000544759934895174  
 ウ 8.164677239845616  
 エ 10.000000000139897  
 オ 14.142135623730955