

受験番号	
------	--

平成27年度  
大分工業高等専門学校編入学試験問題

**専 門 1**  
**(電気電子工学科)**

平成26年8月1日(金)  
9:00~10:20

**【注意事項】**

1. 指示があるまで問題用紙は開いてはいけません。
2. この問題は表紙のほかに7ページあります。
3. 全てのページの受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
4. 各解答はその問題の所定の欄に記入しなさい。

## ■専門 I 解答の注意事項

※数値計算問題においては次の定数を用い、割り切れない数値が解答となる場合には有効桁 3 桁で答えなさい。

真空中の誘電率： $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  F/m

真空中の透磁率： $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H/m

電子の電荷(電気量)： $-e = -1.60 \times 10^{-19}$  C

電子の質量： $m = 9.11 \times 10^{-31}$  kg

※単位のある解答には、文字式で答えるものも含め、全て単位を添えなさい。

1. 以下の問いに答えなさい。解答は次のページの解答欄に書き込みなさい。

(1) 空間に静止する  $0.3\mu\text{C}$  の電荷に働く力が  $2.4 \times 10^{-3}\text{N}$  だとしたとき、電荷のある場所に働いている電界の強さはいくらか。ただし、 $0.3\mu\text{C}$  の電荷を置くことによって、電界を作る他の電荷分布を変えることはないとする。

(2)  $2\text{A}$  が流れる直線電流から  $5\text{cm}$  離れた点の磁界の大きさはいくらか。

(3) 図 1-1 のように  $3\mu\text{C}$  の点電荷から  $5\text{cm}$  離れて  $-2\mu\text{C}$  の点電荷が置かれている。 $-2\mu\text{C}$  の点電荷に働く力の大きさを求めなさい。また、その力の向きとして正しいものを図中のイ～へから選択し、記号で答えなさい。ただし、イ、ロ、ハはそれぞれ、 $x, y, z$  の正の向き、ニ、ホ、へはそれぞれ、 $x, y, z$  の負の向きとする。

(4) 図 1-2 のように二つの導線が距離  $5\text{cm}$  で平行に並んでおり、一方に  $2\text{A}$ 、もう一方に  $3\text{A}$  の電流が同じ向きに流れている。双方に働く単位長さあたりの力の大きさを求めなさい。また、その力の向きとして正しいものを図中のイ～へから選択し、記号で答えなさい。ただし、イ、ロ、ハはそれぞれ、 $x, y, z$  の正の向き、ニ、ホ、へはそれぞれ、 $x, y, z$  の負の向きとする。

(5) 磁路の長さ  $40\text{cm}$ 、鉄心の断面積  $5\text{cm}^2$ 、鉄心の透磁率  $6.0 \times 10^{-3}\text{H/m}$  の磁気回路があり、巻数 300 回の導線に電流  $2\text{A}$  を流した。起磁力、内部の磁界の大きさ、内部の磁束密度、内部を貫く磁束を求めなさい。

(6) 円筒に二つのコイルが巻かれており、コイル I に最大値  $100\text{mA}$ 、 $50\text{Hz}$  の三角波の周期波形をもつ電流を流したところ、コイル I には最大値  $0.6\text{V}$ 、コイル II には最大値  $0.3\text{V}$  の方形波形の電圧を生じた。コイル I の自己インダクタンスおよび両コイル間の相互インダクタンスはいくらか。

(7) 電圧  $5\text{V}$  に充電された  $600\mu\text{F}$  のキャパシタ(コンデンサ)がある。これにさらに  $10\mu\text{A}$  の電流を 1 分間流し続けたとき、このキャパシタの電圧はいくらになるか。

(8)  $10\Omega$  の抵抗に  $2\text{A}$  の電流を 1 時間流しつづけたとき、消費エネルギーはいくらか。

(9) 一様な磁場(磁束密度)  $B$  [T] の中で磁場に垂直に半径  $r$  [m] で円運動している電子がある。電子の速度  $v$  [m/s] はいくらか。ただし、電子の電気量を  $-e$  [C]、質量を  $m$  [kg] とする。

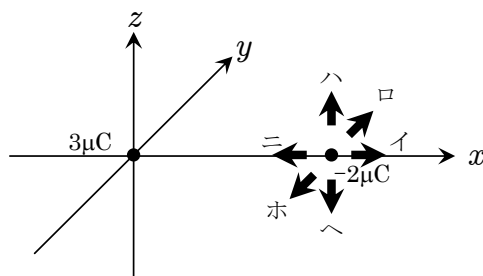


図 1-1

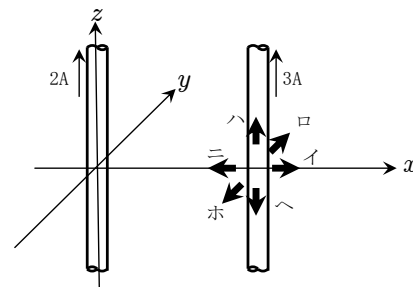


図 1-2

(10) 平行平板コンデンサがあり、負極をその平板に垂直に飛び立った電子が陽極に開けられた小さな穴を通過して出ていくとする。板間距離 3cm、板間には 300V の電圧が加わり、陰極を出るときの電子の初速を 0m/s とすると、陽極を貫いた電子の速度はいくらになるか。

解答欄

(1)	
(2)	
(3)	

(4)		
(5)		
(6)		

(7)	
(8)	
(9)	
(10)	

2. 一つの平面上に図 2-1 のように置かれた二つの導体棒があり、導体棒の端は図のように一方は近く、もう一方は離れて位置している。この間に電圧電源を接続して導体棒の一方に正、もう一方に負の電荷を帯電させた後、電圧電源を取り除いて遠くに移動した。この導体棒の近くには何も無いとして以下の問いに答えなさい。解答は記号で解答欄に記入しなさい。

(1) 電源を取り除いた後の電荷の分布について述べた文として正しいものを、次の中から一つ選びなさい。

- (ア) 図 2-2(ア)のように、電荷は導体棒の表面を均一に分布する。
- (イ) 図 2-2(イ)のように、近接する部分に正負の電荷が全て集中する。
- (ウ) 図 2-2(ウ)のように、近接する部分に多く分布し、遠くなると電荷密度は小さくなる。
- (エ) 図 2-2(エ)のように、正負の電荷は互いに遠くに分布する。
- (オ) 図 2-2(オ)のように、近接する部分に電荷が多く分布し、もう一方の端点には符号が逆の電荷が分布する。

(2) 電源を取り除いた後にできる同じ平面上の電気力線として正しいものを、図 2-3(a)～(e)の中から一つ選びなさい。ただし、図は電気力線の向きを省略している。

(3) 電源を取り除いた後にできる同じ平面上の等電位面として正しいものを、図 2-3(a)～(e)の中から一つ選びなさい。

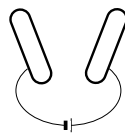


図 2-1

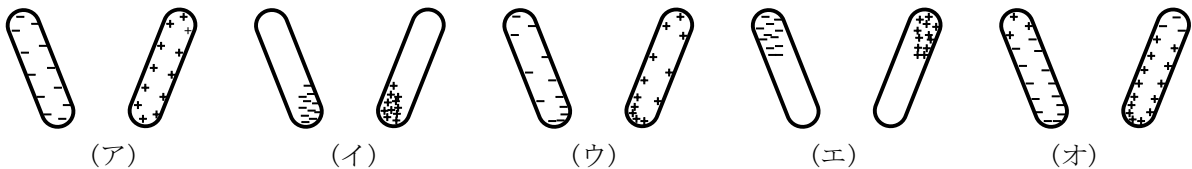


図 2-2

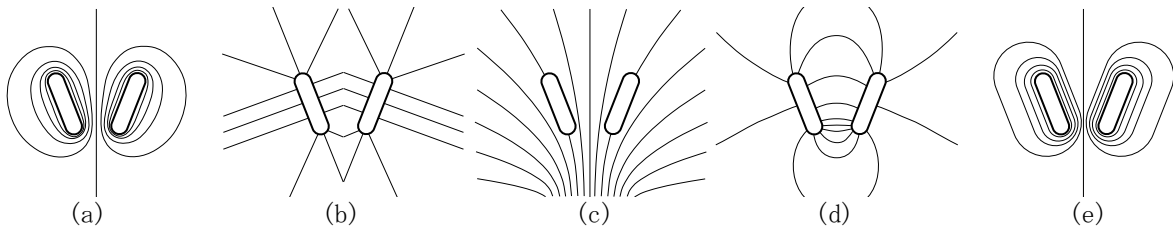


図 2-3

解答欄

(1)	
-----	--

(2)	
-----	--

(3)	
-----	--

受験番号	
------	--

3. 図 3-1 のように磁石の両極が対面する狭い間を, 1 回巻きで一辺の長さが  $a$  [m] の正方形コイルを一定の速度  $v$  [m/s] で通過させたとき, 関係する諸量について図 3-2 の結果を得た. 以下の問いに答えなさい. ただし, 磁場はコイル面に垂直で長さ  $2a$  の区間에만存在するとし, 磁場(磁束密度)は一様に  $B$  [T] であり, コイルの 2 辺と磁場の境界面とは常に平行であるとする. また, コイルの電気抵抗は  $R$  [ $\Omega$ ] とし, コイルを流れる電流による磁場は磁石によってできる磁場に比べて十分小さいとして影響を無視するとする.

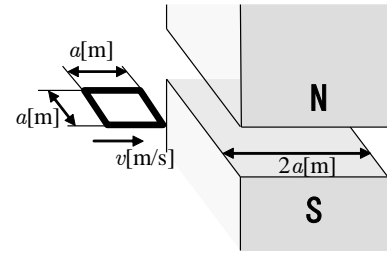


図 3-1

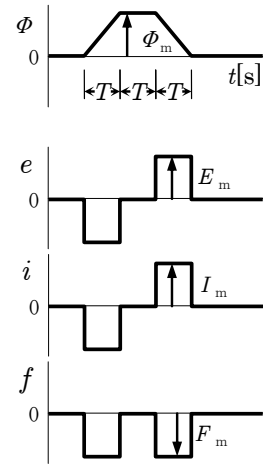


図 3-2

- (1) 図 3-2 の図中に示す時間  $T$  [s] はいくらか.
- (2) コイルを貫く磁束  $\Phi$  [Wb] の最大値  $\Phi_m$  はいくらか.
- (3) コイルに発生する起電力  $e$  [V] の最大値  $E_m$  はいくらか.
- (4) コイルを流れる電流  $i$  [A] の最大値  $I_m$  はいくらか.
- (5) コイルに働く合力  $f$  [N] は図 3-2 のように二度働くが, その大きさ  $F_m$  はいくらか. 負符号は省いてよい.
- (6) コイルが磁場を通過するのに必要な全仕事  $W_1$  [J] を, 仕事 = 力  $\times$  距離の関係を用いて求めなさい. またコイルが磁場を通過する間に消費する電力量  $W_2$  [J] を, 電力量 = 電圧  $\times$  電流  $\times$  時間の関係を用いて求めなさい. 双方ともに導出の過程を解答欄に示しなさい.

	解答欄	(2)		(4)	
(1)		(3)		(5)	
(6)					

4. 図 4-1 の回路について以下の問いに答えなさい。ただし、使用するダイオードの電流電圧特性は図 4-2 の通りとする。

- (1) 電源電圧を  $E=0.3V$  とし、キャパシタ(コンデンサ)には電荷は蓄えられていなかったとする。スイッチを閉じた直後に抵抗に流れる電流はいくらか。
- (2) 問(1)の後しばらくして定常状態(時間的に変化しない状態)になったとき抵抗に流れる電流はいくらか。
- (3) 今度は電源電圧を  $E=1.5V$  とし、キャパシタには電荷は蓄えられていなかったとする。スイッチを閉じた直後に抵抗に流れる電流はいくらか。
- (4) 問(3)の後しばらくして定常状態になったとき抵抗に流れる電流はいくらか。
- (5) 問(4)の定常状態でキャパシタに蓄えられている電荷の電気量はいくらか。

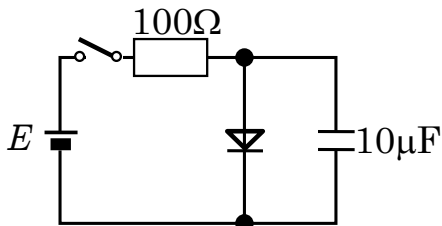


図 4-1

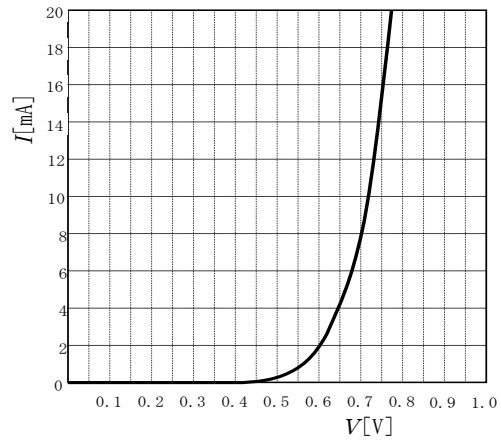


図 4-2

解答欄

(1)	
-----	--

(2)	
(3)	

(4)	
(5)	

5. 次の文章は導体内部の電子の様子について記述している. 記述を参考にして, 次頁の問いに答えなさい.
- 金属導体はその構成要素である原子が互いに強く結合しており, 相互の位置関係を変えないが, 各原子の最外殻電子は容易に原子を離れることができ, 電気を運ぶキャリアとして自由に運動している. 一方, 残された原子は電気的には電子が不足した状態であり, 正イオンになっている. 言わばがっちりスクラムを組んだ正イオン原子の海をその拘束を解かれた電子が自由に運動していると考えることができる. 銅の原子密度は約  $8.5 \times 10^{28}$  個/ $\text{m}^3$  だから,  $1\text{cm}$  角の立方体の中に原子はおおよそ約  $8.5 \times 10^{22}$  個も存在することになる. 銅では 1 個の原子からほぼ 1 個の電子のキャリアが生まれるから, 静かな  $1\text{cm}$  角の銅の塊の中には, 元気に飛び回る電子がうじゃうじゃいることになる.
- この導体内部で電子に偏りがおきると, 正イオンに対して電子の密度の高いところはその辺一帯では全体として負に帯電し, 電子の密度が低いところではその辺り全体で正に帯電する. 電場(電界)は正に帯電したところから負に帯電したところに向かって発生する. ここで注意が必要. ここでいう電場は, ある 1 個の正イオンや 1 個の電子の近傍にできる変化の大きい局所的な電場ではなく, たくさんの正イオンや電子がつくる平均的な意味の巨視的な電場である. 1 個の電子は局所的な電場によって運動をコントロールされると考えられるが, たくさんの電子の平均的な運動は巨視的な電場によると考えられる. さて, 自由に動ける電子はそれぞれ勝手な方向に動いているように思えるが, 全体としては巨視的な電場とは逆向きの力を受け, 全体に正に帯電したところに向かうことになる. この結果, 導体内には電子の偏りが生じにくいことがわかる. したがって導体内の巨視的な電場は殆ど 0 だと考えることができる.
- 導体に外部から電圧を加えると, 内部にはこれによる電場を生じる. 電子はそれぞれ勝手な方向に運動しているように見えるが, 平均すれば電場の向きと逆向きに移動することになる. この電子の流れは負の電荷を運ぶから, 電流はそれとは逆向きに, つまり電場の方向に流れると考えることができる.
- 断面積  $1\text{mm}^2$  の銅線の中を, キャリアである電子が一方向に平均して秒速  $1\text{mm}$  進んだとしよう. このとき導線の断面を 1 秒間に横断する電子は,  $1\text{mm}^3$  内の電子の数だと考えてよいから, 約  $8.5 \times 10^{19}$  個. 1 個の電子の電気量は  $-1.6 \times 10^{-19}\text{C}$  であるから, 1 秒間に  $-8.5 \times 10^{19} \times 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$  の電気量がこの断面を横断する. つまり電流にして  $13.6\text{A}$ . 電子の平均速度  $1\text{mm/s}$  はかなりゆっくりしているが, それでもこの電流だ. 「ゆっくり運べばいい, 運び手は大勢いるんだから」とでも言っているようだ.
- 電荷  $q$  [C] が速度  $v$  [m/s] で磁場  $B$  [T] に垂直に進行する場合, 電荷  $q$  に働く力, つまりローレンツの力は, 電荷の進む向きから磁場の向きに右ねじを回したとき, 右ねじの進行する方向を向き, その大きさは  $qvB$  [N] となる. 向きについてはフレミングの左手の法則を考えてもよい. 左手の中指を電荷の進む向き, 人差し指を磁場の向きにとると, この電荷に働く力の向きは親指の向きである.
- 長さ  $l$  [m] の導線が磁場(磁束密度)  $B$  [T] を垂直に速度  $v$  [m/s] で横切る場合には導線に起電力が発生する. 導線はあなたの目の前で横向きに張ってあるとしよう. 磁場  $B$  は手前から奥向きだとする. 導線の中にはたくさんの電子が存在する. 導線を上に向かって速度  $v$  で動かすとしよう. 電子は平均として上向きの速度  $v$  を持つ. ローレンツの力によると, 電子には電子の進行方向から磁場の向きに右ねじを回したときの右ねじの進む方向に  $-evB$  [N] の力が働く. 電子の電荷の符号にも注意すると, 電子には導線の中を導線に沿って右向きに力が働くことがわかる. つまり電流をその逆の右から左に流そうとする力であり, 起電力は左向きだとわかる. 起電力の大きさは単位正電荷を導線の端から端までの長さ  $l$  の距離を運ぶ仕事である. 単位正電荷に働く力は  $f=evB$  [N] であるから, 単位正電荷当たりの仕事つまり起電力  $V$  は  $V=vlB$  [V] となる.

(1) 断面積  $1\text{mm}^2$ 、長さ  $10\text{cm}$  の銅の導線があり、この導線に  $1\text{A}$  の電流が流れているとする。導線の端から端まで電子が移動するのに平均すると何分くらいの時間がかかるか。解答の有効桁は 1 桁で良い。

(2) 図 5 のように磁場の中を横切るように金属棒を動かすとき、外部の抵抗に流れる電流は  $I$ 、 $R$  のどちら向きか。ただし、二つの磁石はどちらも図の右側の側面が N 極、左の側面が S 極だとする。

(3) 図 5 のように  $10\text{cm}$  幅、 $3\text{T}$  の磁場を切るように、磁場に垂直の金属棒を速度  $1.0\text{m/s}$  で動かすとき、発生する起電力はいくらか。

(4) 金属棒を動かす向きと磁場の向きと起電力の向きにはどのような関係があるかをまとめなさい。解答欄に図を添えて言葉で説明しなさい。

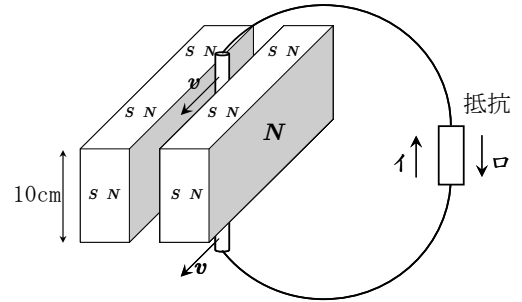


図5

解答欄

(1)

(2)

(3)

(4)