令和 7 年度

第 2 種

理　　論

（第 1 時限目）

第 2 種

理　　　　論

答案用紙記入上の注意事項等

1．マークシート（答案用紙）は機械で読み取りますので，**濃度ＨＢの鉛筆又はＨＢの芯を用いたシャープペンシルで濃く塗りつぶして**ください。
色鉛筆やボールペンでは機械で読み取ることができません。
　なお，訂正は「プラスチック消しゴム」で**きれいに消し**，消しくずを残さないでください。

2．マークシートには，カナ氏名，受験番号，試験地が印字されています。受験票と照合の上，**氏名，生年月日を記入**してください。

マークシートに印字してある
・カナ氏名
・受験番号
・試験地
を受験票と照合の上，記入してください。

氏　名	
生年月日	
カナ氏名 (字数制限の省略あり)	印字あり
試験地	印字あり

受	験	番	号
印	字	あ	り

3．マークシートの余白及び裏面には，何も記入しないでください。

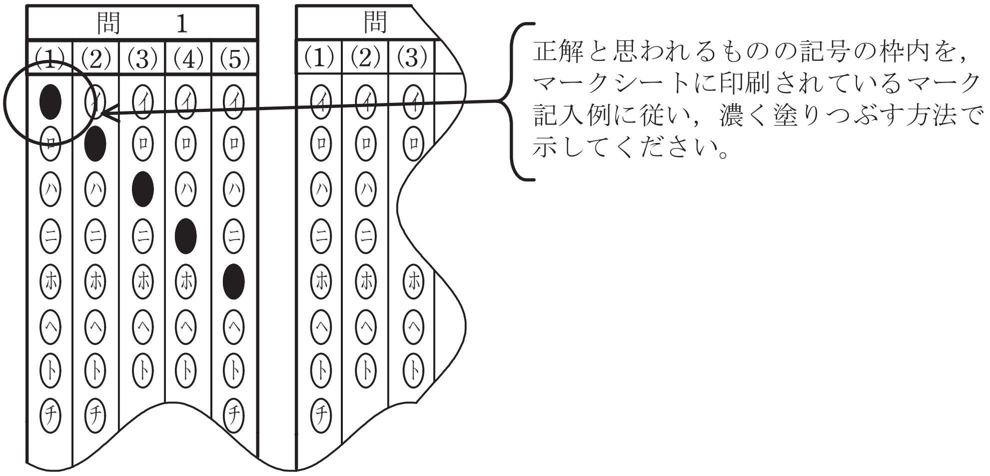
4．マークシートは，折り曲げたり汚したりしないでください。

5．解答は，マークシートの問番号に対応した解答欄にマークしてください。

例えば，問１の $\boxed{\text{(1)}}$ と表示のある問に対して(ｲ)と解答する場合は，下の例のように問１の(1)の ㋑ をマークします。

なお，マークは各小問につき一つだけです。二つ以上マークした場合には，採点されません。

（マークシートへの解答記入例）



6．問７と問８は選択問題です。**どちらか１問を選択**してください。選択問題は両方解答すると採点されません。

7．問題文で単位を付す場合は，次のとおり表記します。

①　数字と組み合わせる場合

（例：　350 W　　f＝50 Hz　　　670 kV・A）

②　数字以外と組み合わせる場合

（例：　I[A]　 抵抗 R[Ω]　 面積は S[m^2]）

（この問題は持ち帰ってください。また，白紙部分はメモ用紙として使用できます。）

次ページ以降は試験問題になっていますので，試験開始の合図があるまで，開いてはいけません。 **試験問題に関する質問にはお答えできません。**

第 2 種

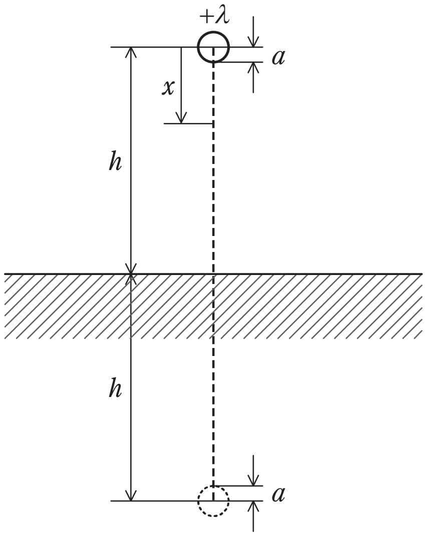
理　　　論

A 問題（配点は 1 問題当たり小問各 3 点，計 15 点）

問 1　次の文章は，影像法を用いた静電容量の解析に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。なお，空気の誘電率は ε_0，大地は完全導体として計算せよ。

図に示すように，大地面から高さ h の位置に大地面と平行に張られた直線状の電線を考える。電線は無限長であり，半径 a は h よりも十分小さい（$a \ll h$）。影像法を用いる場合，大地面から深さ h の位置に半径 a で無限長の影像電線を考え，電線に単位長さ当たり $+\lambda$ の電荷を与えると，影像電線の単位長さ当たりの電荷は $\boxed{(1)}$ となる。このとき，電線から大地に向かう垂線上で電線の中心軸から距離 $x(\geqq a)$ の位置に電線の電荷 $+\lambda$ がつくる電界の強さは $E_1(x) = \boxed{(2)}$，影像電線の電荷がつくる電界の強さは $E_2(x) = \boxed{(3)}$ となり，電線の中心軸から距離 x の位置の電界の強さは $E(x) = E_1(x) + E_2(x)$ と求まる。

$E(x)$ を $a \leqq x \leqq h$ の範囲で積分すると，電線と大地面との間の電位差 V は $\boxed{(4)}$ と求まる。これにより，電線と大地面との間の単位長さ当たりの静電容量は $\boxed{(5)}$ と求まる。



■ S1－R 004

〔問１の解答群〕

(イ)　0

(ロ)　$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0(x-h)}$

(ハ)　$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}$

(ニ)　$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0(x-a)}$

(ホ)　$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0(h-x)}$

(ヘ)　$\dfrac{4\pi\varepsilon_0}{\ln\left(\dfrac{2h-a}{a}\right)}$

(ト)　$\dfrac{\lambda}{\pi\varepsilon_0}\ln\left(\dfrac{2h-a}{a}\right)$

(チ)　$\dfrac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\left(\dfrac{2h-a}{a}\right)}$

(リ)　$\dfrac{\lambda}{\pi\varepsilon_0}\ln\left(\dfrac{h-a}{a}\right)$

(ヌ)　$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0(h+x)}$

(ル)　$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\dfrac{2h-a}{a}\right)$

(ヲ)　$-\lambda$

(ワ)　$+\lambda$

(カ)　$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0(2h-x)}$

(ヨ)　$\dfrac{\pi\varepsilon_0}{\ln\left(\dfrac{2h-a}{a}\right)}$

問２　次の文章は，回転するコイルの相互インダクタンスに関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

自己インダクタンスがそれぞれ L_1，L_2 のコイル１とコイル２がある。コイル１は固定されている一方で，コイル２は回転するようになっており，回転角が θ であるときの相互インダクタンスは，$M_0 \cos\theta$ で表せるものとする。ただし，M_0 は定数である。このとき，L_1，L_2，M_0 の間には一般に $\boxed{(1)}$ の関係が成り立つ。

コイル１には定電流 I_1 が，コイル２には定電流 I_2 が流れている。このとき，空間に蓄えられた合計の磁気エネルギー W は $\boxed{(2)}$ である。

コイル２の回転軸周りに発生するトルクは，仮想変位法の考え方に従って $\dfrac{\partial W}{\partial \theta}$ で求められ，それを計算すると，$\boxed{(3)}$ となる。

さらに，時刻を t とし，コイル２を $\theta=\omega t$ に従って角速度 ω で定速回転させると，コイル１に鎖交する磁束 Φ_1 は $\boxed{(4)}$ であり，ファラデーの電磁誘導の法則によりコイル１に発生する起電力は $\boxed{(5)}$ となる。

〔問２の解答群〕

(イ) $L_1 I_1 + M_0 I_2 \cos\omega t$

(ロ) $\omega\left(L_1 + L_2\right)\left(I_1 + I_2\right)\sin\omega t$

(ハ) $\frac{1}{2}\left(L_1 + L_2\right)\left(I_1 + I_2\right)^2 + M_0 I_1 I_2 \cos\theta$

(ニ) $\frac{1}{2}\frac{L_1 L_2 \sin\theta}{M_0 \cos^2\theta} I_1 I_2$

(ホ) $L_2 I_2 + M_0 I_1 \cos\omega t$

(ヘ) $\left(L_1 + L_2\right)\left(I_1 + I_2\right)\cos\omega t$

(ト) $L_1 + L_2 \geqq M_0$

(チ) $-M_0 I_1 I_2 \sin\theta$

(リ) $L_1 L_2 \geqq 2M_0{}^2$

(ヌ) $\omega M_0 I_1 \sin\omega t$

(ル) $-M_0 I_1 I_2 \cos\theta$

(ヲ) $L_1 L_2 \geqq M_0{}^2$

(ワ) $\frac{1}{2}L_1 I_1{}^2 + \frac{1}{2}L_2 I_2{}^2 + M_0 I_1 I_2 \cos\theta$

(カ) $\frac{1}{2}\frac{L_1 L_2}{M_0 \cos\theta} I_1 I_2$

(ヨ) $\omega M_0 I_2 \sin\omega t$

問３　次の文章は，交流電気回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

起電力 $\dot{E} = E\mathrm{e}^{\mathrm{j}0}$ で角周波数 ω の交流電圧源から，インダクタンス L を持つ電線を介して抵抗 R の負荷に電力を送る図１の回路がある。R を変化させるとき，電力が最大となる条件を求めたい。ただし，静電容量 C を持つコンデンサがあって，必要に応じて負荷に並列に接続できるものとし，$\dot{E}$ と，ここから流れ出る電流 $\dot{I}$ の位相差を ϕ とする。また，$\omega^2 LC < 1$ が成立するものとする。

スイッチＳが開のときの回路の電圧ベクトル図を図２に示す。R を変化させると電流の変化につれて三角形 $\mathrm{OP_2P}$ も変化するが，$R\dot{I}$ と $\dot{V}_{\mathrm{L}} = \mathrm{j}\omega L\dot{I}$ は直交するので直角の頂点Ｐは $\dot{E}$ を直径とする円周上を移動する。

$\dot{V}_{\mathrm{L}}$ は R を変化させても常に電流に比例する長さを持ち $V_{\mathrm{L}} = kI$ と書ける（$k = \omega L$ は比例係数）が，一方，$\dot{V}_{\mathrm{L}}$ と $\dot{E}$ との位相差は $\boxed{(1)}$ であるから三角形 $\mathrm{OP_2P}$ の面積は $\dfrac{1}{2}EV_{\mathrm{L}}$ $\boxed{(2)}$ $= \dfrac{1}{2}EV_{\mathrm{L}}\cos\phi = \dfrac{1}{2}kEI\cos\phi$ と書ける。この式の右辺は電力 $EI\cos\phi$ に比例することから，電力の大きさは三角形 $\mathrm{OP_2P}$ の面積に比例することが分かる。したがって，電力が最大となるのは，頂点Ｐが点 $\boxed{(3)}$ に一致したときであり，その条件は $\boxed{(4)}$ である。

一方，Ｓを閉じてコンデンサを接続すると回路は図３の等価回路で表すことができ，図３の２箇所の $\boxed{(X)}$ に入る数式は $\boxed{(5)}$ である。このときの電力を計算すると，$\dfrac{RE^2}{R^2(1-\omega^2 LC)^2 + \omega^2 L^2}$ となり，コンデンサを入れることで電力は増加する。

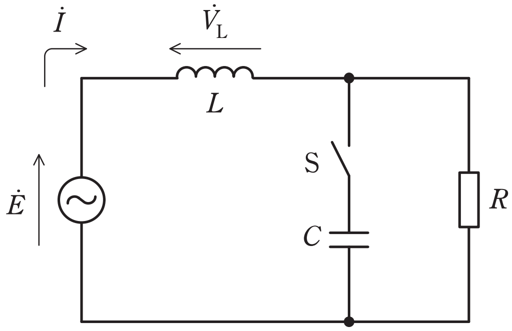


図１

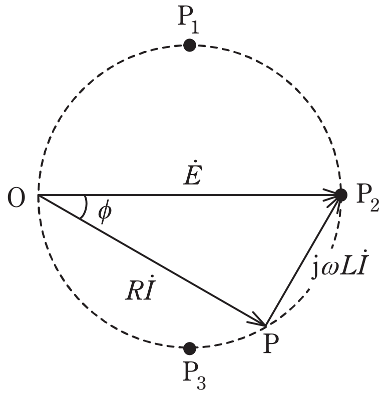


図２

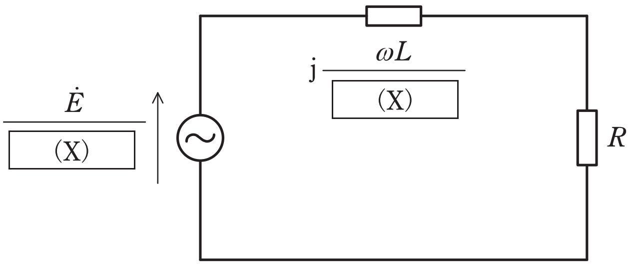


図３

〔問３の解答群〕

(イ) P_1	(ロ) P_2	(ハ) P_3
(ニ) ϕ	(ホ) $1-\omega CR$	(ヘ) $\omega LR=1$
(ト) $\sin\left(\dfrac{\pi}{2}-\phi\right)$	(チ) $\omega^2 LR=1$	(リ) $1-\omega^2 LC$
(ヌ) $R=\omega L$	(ル) $\tan\left(\dfrac{\pi}{2}-\phi\right)$	(ヲ) $\pi-\phi$
(ワ) $\cos\left(\dfrac{\pi}{2}-\phi\right)$	(カ) $1+\dfrac{1}{\omega CR}$	(ヨ) $\dfrac{\pi}{2}-\phi$

問４　次の文章は，インピーダンスの校正に用いるブリッジ回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

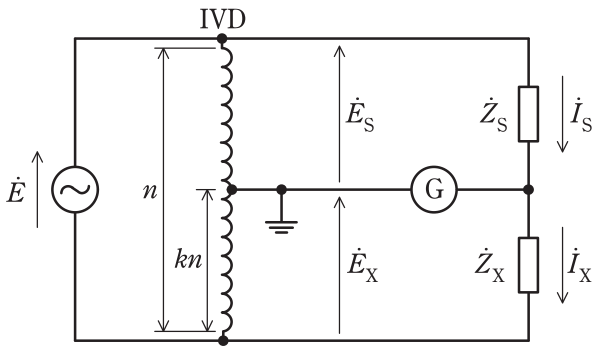
図は, 既知の標準インピーダンス $\dot{Z}_S$ を用いて未知のインピーダンス $\dot{Z}_X$ を校正するためのブリッジ回路で，交流電源 $\dot{E}$，誘導分圧器 IVD 及び検流計 Ⓖ で構成されている。なお，IVD は理想的なものであり，全体の巻数 n が固定で，k は可変(ただし，$0<k<1$) である。

$\dot{E}$ は，IVD によって $\dot{E}_S = \boxed{(1)}$，及び $\dot{E}_X = \boxed{(2)}$ に分圧されるから，回路には，$\dot{I}_S = \dfrac{\boxed{(1)}}{\dot{Z}_S}$ 及び $\dot{I}_X = \dfrac{\boxed{(2)}}{\dot{Z}_X}$ の電流が流れる。

いま，IVD の k を調整し，Ⓖ が零を指してブリッジが平衡したとする。ブリッジが平衡しているため，$\dot{I}_S = \dot{I}_X$ が成立することを勘案すれば，$\dot{Z}_X$ が次式のとおり求められる。

$$\dot{Z}_X = \boxed{(3)}\ \dot{Z}_S$$

本回路は $\boxed{(4)}$ ブリッジの一種で，その特性は一般的に，$\boxed{(5)}$。



〔問４の解答群〕

(イ) シェーリング (ロ) $k^2\dot{E}$ (ハ) $\dfrac{1-k}{k}$ (ニ) $\dfrac{1}{1-k}\dot{E}$

(ホ) $\dfrac{1}{k}\dot{E}$ (ヘ) $(1-k)^2\dot{E}$ (ト) $1-k$ (チ) $k\dot{E}$

(リ) マクスウェル (ヌ) $\dfrac{k}{1-k}$ (ル) $(1-k)\dot{E}$ (ヲ) 変成器

(ワ) 周囲温度の影響を受けやすいが，経年変化が少ない

(カ) 周囲温度の影響を受けにくいが，経年変化が大きい

(ヨ) 周囲温度の影響を受けにくく，経年変化が少ない

B問題（配点は1問題当たり小問各2点，計10点）

問5　次の文章は，直流回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1の直流回路は，直流電圧源，直流電流源及び抵抗から構成されており，端子A–B間の抵抗 R は可変抵抗である。以下の手順に従って，可変抵抗 R で消費される電力が最大となる条件及び最大消費電力を求める。

図1の回路を，二つの直流電圧源を用いた図2の等価回路に変換すると，図2の V_1 は $\boxed{\text{(1)}}$ Vとなる。さらに，図2の回路を，一つの直流電流源を用いた図3の等価回路に変換すると，図3の R_1 は $\boxed{\text{(2)}}$ Ωとなる。

図3の等価回路より，可変抵抗 R で消費される電力 P は，R を用いて $P=$ $\boxed{\text{(3)}}$ [W]と表される。可変抵抗 R で消費される電力 P が最大となる条件は，R を用いて $\dfrac{\mathrm{d}P}{\mathrm{d}R}=$ $\boxed{\text{(4)}}$ $=0$ と表される。したがって，可変抵抗 R で消費される最大消費電力は $\boxed{\text{(5)}}$ Wとなる。

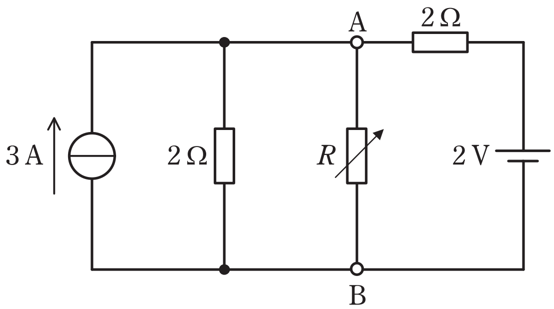


図1

■ S1－R 012

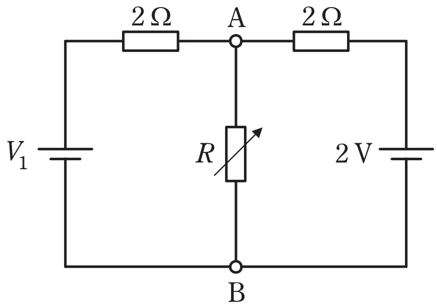


図 2

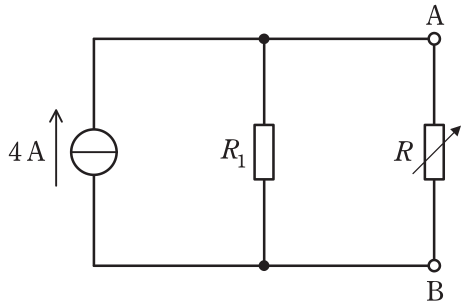


図 3

〔問５の解答群〕

(イ) 1　　(ロ) 2　　(ハ) 3

(ニ) 4　　(ホ) 5　　(ヘ) 6

(ト) 8　　(チ) 12　　(リ) 16

(ヌ) $-\dfrac{16(R-1)}{(R+1)^3}$　　(ル) $\dfrac{16(R-2)}{(R+2)^4}$　　(ヲ) $\dfrac{16R}{(R+1)^2}$

(ワ) $\dfrac{16(R-1)}{(R+1)^3}$　　(カ) $\dfrac{4R}{(R+2)^2}$　　(ヨ) $\dfrac{16R}{R+1}$

問６　次の文章は，複数のコンデンサを持つ電気回路の過渡現象に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図の回路において，最初スイッチ S_1 と S_3 は閉，スイッチ S_2 は開の状態であり，回路は定常状態にあるとする。R_1，R_2，R_3 は抵抗，E_1，E_2 は直流電圧源である。このとき静電容量 C_1，C_2 のコンデンサの電荷 q_1，q_2（上側極板が正の場合を正とする）はそれぞれ $\boxed{(1)}$ C 及び $\boxed{(2)}$ C である。ここで，S_1 と S_3 を開き，次いで時刻 $t=0$ で S_2 を閉じた後のコンデンサ電圧の定常値（両者共通）を求めたい。

$t>0$ において q_1 と q_2 の和は一定に保たれるので，次の関係がある。

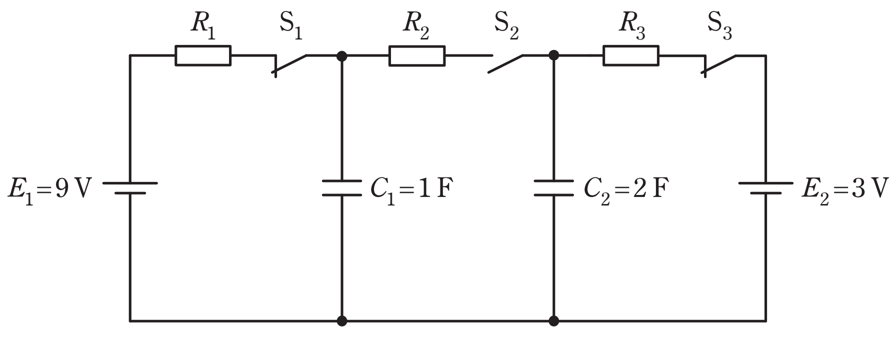
$\boxed{(3)}$ ……………………………………………… ①

また，回路中央部の C_1，C_2，R_2 からなる閉路で成り立つ閉路方程式は

$$\frac{q_1}{C_1}=\frac{q_2}{C_2}+R_2\frac{\mathrm{d}q_2}{\mathrm{d}t} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

となる。

②式に①式を代入，整理して q_2 に関する方程式の形で表せば，$\boxed{(4)}$ となる。これを解いて t を無限大とすることで q_2 の定常値を知ることができる。これと C_2 からコンデンサ電圧の定常値は $\boxed{(5)}$ V と分かる。



■ S1－R 014

〔問６の解答群〕

(イ) 1	(ロ) 2	(ハ) 3
(ニ) 4	(ホ) 5	(ヘ) 6
(ト) 7	(チ) 8	(リ) 9
(ヌ) $\dfrac{\mathrm{d}q_1}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}q_2}{\mathrm{d}t}$	(ル) $q_1+q_2=C_1E_1+C_2E_2$	(ヲ) $R_2\dfrac{\mathrm{d}q_2}{\mathrm{d}t}+\dfrac{q_2}{C_2}=0$
(ワ) $\dfrac{q_1}{C_1}+\dfrac{q_2}{C_2}=0$	(カ) $R_2\dfrac{\mathrm{d}q_2}{\mathrm{d}t}+\dfrac{q_2}{C_1+C_2}=\dfrac{C_1E_1+C_2E_2}{C_1}$	
(ヨ) $R_2\dfrac{\mathrm{d}q_2}{\mathrm{d}t}+\left(\dfrac{1}{C_1}+\dfrac{1}{C_2}\right)q_2=\dfrac{C_1E_1+C_2E_2}{C_1}$		

問７及び問８は選択問題であり，問７又は問８のどちらかを選んで解答すること。
両方解答すると採点されません。

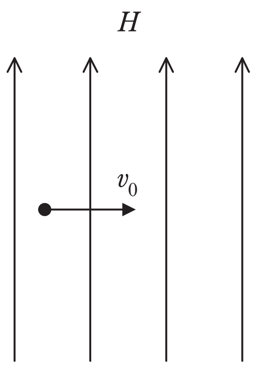
（選択問題）

問７　次の文章は，磁界中の電子の運動に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。なお，電子の電荷を$-e(<0)$，質量を m とし，質量の変化は無視できるものとする。

図のように，透磁率 μ_0 の真空中で，大きさ H の一様な磁界に直角に速さ v_0 で電子が運動している。このとき電子は，進行方向に直角で $\boxed{(1)}$ 方向に，大きさ $F=\boxed{(2)}$ のローレンツ力を受けて等速円運動を行う。この半径を r とすると，その加速度の大きさは $\boxed{(3)}$ である。運動の第二法則より，次の運動方程式が成り立つ。

$$F=m\ \boxed{(3)}$$

上式より，電子は毎秒 $\boxed{(4)}$ 回だけ周回運動することが分かる。したがって円運動の１回転に要する時間は電子の速度 v_0 に $\boxed{(5)}$ 。



〔問７の解答群〕

(イ) 紙面表から裏の	(ロ) $\dfrac{e\mu_0 H}{2\pi m v_0}$	(ハ) $e\mu_0 H v_0$
(ニ) $\dfrac{v_0}{r^2}$	(ホ) 依存しない	(ヘ) $r v_0$
(ト) 紙面裏から表の	(チ) $e\mu_0 H {v_0}^2$	(リ) 比例する
(ヌ) 反比例する	(ル) $\dfrac{{v_0}^2}{r}$	(ヲ) H の向きと同じ
(ワ) $\dfrac{e\mu_0 H v_0}{2\pi m}$	(カ) $\dfrac{e\mu_0 H}{v_0}$	(ヨ) $\dfrac{e\mu_0 H}{2\pi m}$

問７及び問８は選択問題であり，問７又は問８のどちらかを選んで解答すること。両方解答すると採点されません。

（選択問題）

問８　次の文章は，エミッタ接地増幅回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

まず，入力電圧 $v_{\mathrm{in}}=0$ とし，図１のエミッタ接地増幅回路の各部のバイアス電位及び電流を求める。ただし，回路の電源電圧は V_{CC} とし，各抵抗器の抵抗値は R_1，R_2，R_{E}，R_{C} とする。ベースを流れるバイアス電流 I_{B} が他の電流に比べ小さく無視できるとき，ベース電位 V_{B} は $\boxed{(1)}$ となる。このとき，エミッタ電流 I_{E} は，V_{B} とベース−エミッタ間電圧 V_{BE} を用いて $\boxed{(2)}$ となる。一方，コレクタ電位 V_{C} は，コレクタ電流 I_{C} を用いて $\boxed{(3)}$ となる。エミッタ電流とコレクタ電流が等しいとみなせるとき，$\boxed{(2)}$ と $\boxed{(3)}$ から V_{C} が求まる。

次に，図１のエミッタ接地増幅回路の電圧増幅度を求める。各コンデンサの静電容量は C_1，C_2，C_{E} であり，信号の周波数において，全てのコンデンサのインピーダンスは小さく無視できるとする。このとき，図１の交流等価回路は図２となる。図２において破線で囲まれた部分はトランジスタの交流等価回路であり，h_{ie} と h_{fe} はそれぞれ用いたトランジスタの入力インピーダンスと電流増幅率である。入力電圧 v_{in} を加えた際の出力電圧は v_{out} より，電圧増幅度 $\dfrac{v_{\mathrm{out}}}{v_{\mathrm{in}}}$ は $\boxed{(4)}$ となる。電圧増幅度の符号から，エミッタ接地増幅回路は $\boxed{(5)}$ であることが分かる。

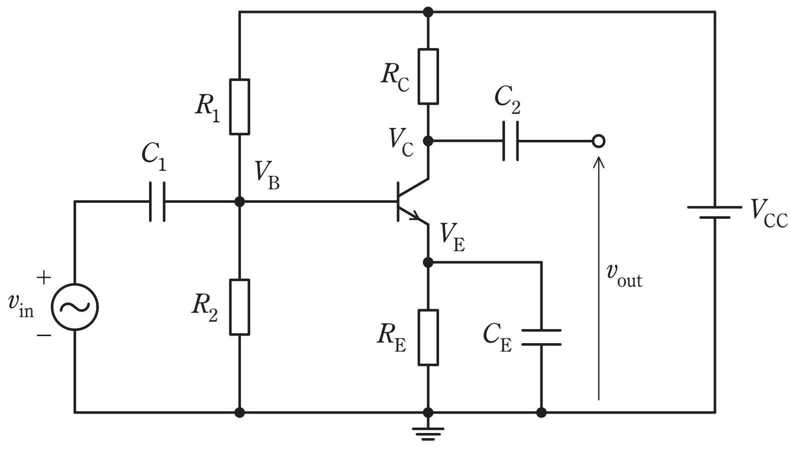


図１

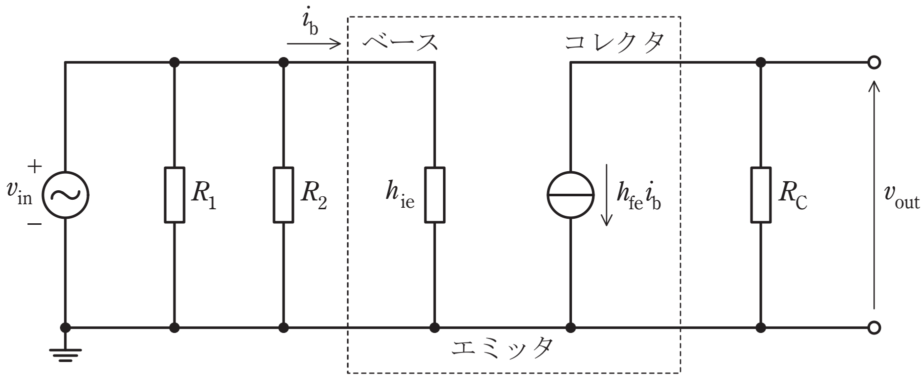


図２

〔問８の解答群〕

(イ) $\dfrac{R_2}{R_1+R_2}V_{CC}$ (ロ) 非反転増幅回路 (ハ) $V_{CC}-R_CI_C$

(ニ) $\dfrac{h_{fe}R_C}{h_{ie}}$ (ホ) $\dfrac{V_B-V_{BE}}{R_E+R_C}$ (ヘ) $\dfrac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}$

(ト) $\dfrac{V_B+V_{BE}}{R_E}$ (チ) エミッタフォロワ (リ) $\dfrac{(1+h_{fe})R_C}{h_{ie}+(1+h_{fe})R_C}$

(ヌ) $\dfrac{V_{CC}}{2}$ (ル) R_CI_C (ヲ) $V_{CC}-R_1I_B$

(ワ) $\dfrac{V_B-V_{BE}}{R_E}$ (カ) 反転増幅回路 (ヨ) $-\dfrac{h_{fe}R_C}{h_{ie}}$