平成 25 年度

第 2 種

理　　　論

（第 1 時限目）

第　２　種

理　　　　　　論

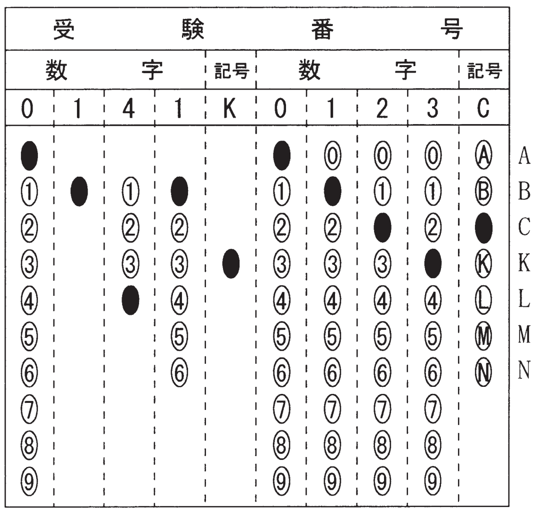
答案用紙記入上の注意事項

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**氏名，生年月日，試験地及び受験番号を記入し，受験番号のマーク欄にはマークシートに印刷されているマーク記入例に従い，正しくマーク**してください。

（受験番号記入例：０１４１Ｋ０１２３Ｃの場合）



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。

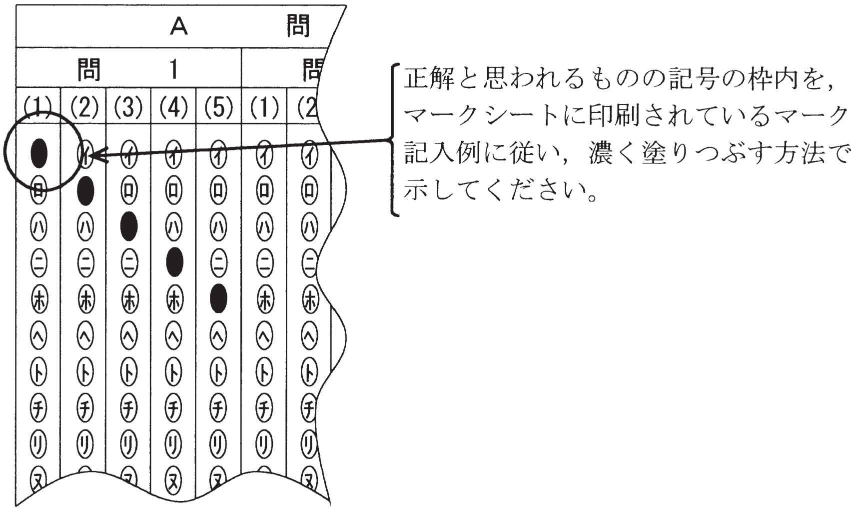
４．マークシートは，折り曲げたり汚したりしないでください。

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 $\boxed{(1)}$ 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**どちらか１問を選択**してください。選択した問題は，マークシートの「**選択問題マーク欄**」に**マーク**してください。**２問とも選択した場合は採点されません。**

（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

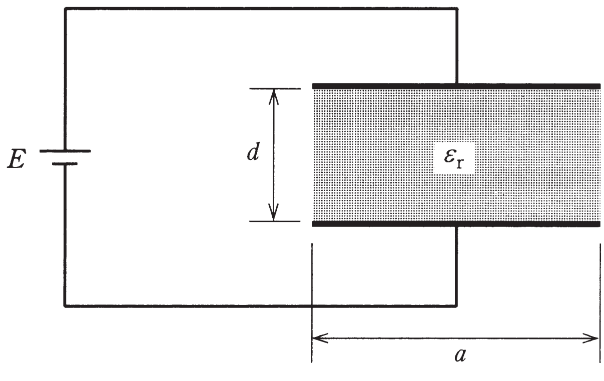
A問題（配点は1問題当たり小問各3点，計15点）

問1　次の文章は，平行平板コンデンサに関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図のように，真空中において，電圧が E の電圧源に平行平板コンデンサが接続されている（図は横から見た図である）。このコンデンサの各極板は一辺の長さが a の正方形の導体平板であり，その極板間の距離は d である。また，極板間には，極板と同形で厚さ d，比誘電率が ε_r の誘電体が極板に平行に入っている。また，真空の誘電率を ε_0 とし，端効果はないものとする。

このコンデンサの静電容量は，$\boxed{(1)}$ であり，コンデンサに蓄えられた静電エネルギーは，$\boxed{(2)}$ である。

ここで，外力を与えて誘電体をゆっくりと取り出すと，電源との電荷のやり取りがある一方，電圧は一定である。誘電体を完全に取り出したときに電源に移動した電荷は $\boxed{(3)}$ で，電源に向かって供給されたエネルギーは，$\boxed{(4)}$ である。また，外力がした仕事量は，$\boxed{(5)}$ である。



●S1－R004

〔問１の解答群〕

(イ) $\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}-1)a^2}{d}E^2$　　(ロ) $\dfrac{1}{2}\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}-1)a^2}{d}E^2$　　(ハ) $\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}a^2}{d}$

(ニ) $\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}a^3}{d^2}$　　(ホ) $\dfrac{1}{2}\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_\mathrm{r}a^2}{d}E^2$　　(ヘ) $\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}-1)^2a^2}{d}E$

(ト) $\dfrac{\varepsilon_0a^2}{d}$　　(チ) $\dfrac{3}{2}\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}-1)a^2}{d}E^2$　　(リ) $\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}-1)a^2}{d}E$

(ヌ) $\dfrac{\varepsilon_0a^2}{d}E^2$　　(ル) $\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}{}^2-1)a^2}{d}E$　　(ヲ) $\dfrac{1}{2}\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}-1)^2a^2}{d}E^2$

(ワ) $\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_\mathrm{r}-1)^2a^2}{d}E^2$　　(カ) $\dfrac{1}{2}\dfrac{\varepsilon_0a^2}{d}E^2$　　(ヨ) 0

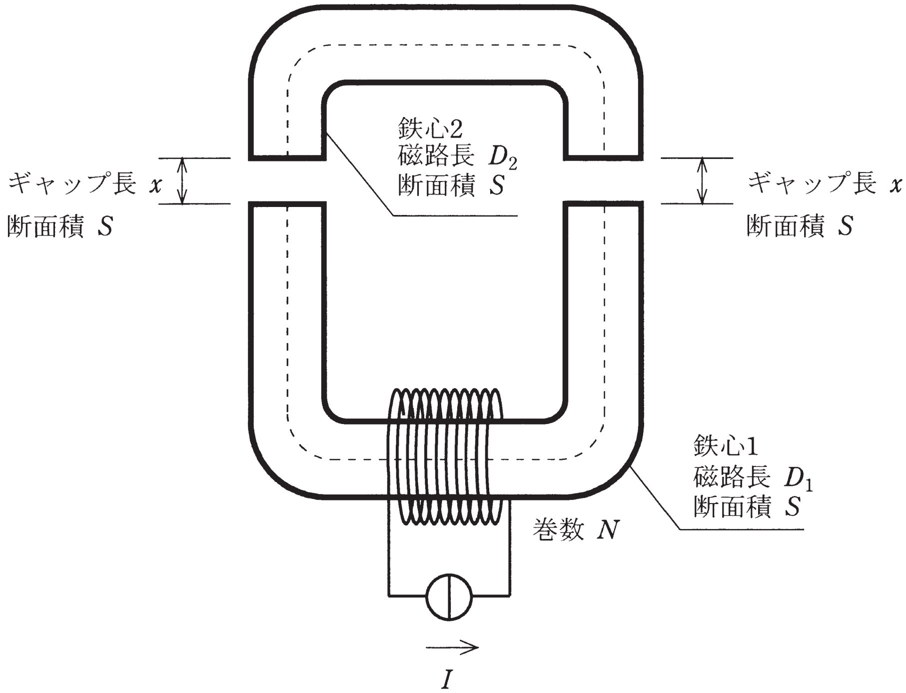
問２　次の文章は，磁気回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図は鉄心 1 と鉄心 2 からなる磁気回路の模式図である。鉄心 1 に巻数 N のコイルが巻かれており，ここに電流 I〔A〕が流れている状況を考える。鉄心２は鉄心１と対向する位置に配置されており，その間のギャップ長を x〔m〕とする。鉄心の断面積は場所によらず S〔m^2〕とし，ギャップ部分の磁路の断面積も S〔m^2〕とするとき，鉄心間の吸引力 F を求めたい。なお，鉄心の透磁率を μ_1〔H/m〕，ギャップ部分の透磁率を μ_0〔H/m〕とし，磁路において磁束は一様に分布し，漏れ磁束，磁気飽和，ヒステリシス，渦電流はないものとする。

鉄心及びギャップ部分の磁束密度を B〔T〕とする。ここで，鉄心部分の磁路長の合計値を $D=D_1+D_2$〔m〕とおいて，アンペールの周回積分の法則を用いることにより，磁束密度 B と電流 I の関係は，$B=\boxed{(1)}$〔T〕と表される。

これを用いることで，コイルの自己インダクタンス L は，$L=\boxed{(2)}$〔H〕と表される。さらに，この磁気回路に蓄えられている磁気エネルギー W_m は L を用いると，$W_\mathrm{m}=\boxed{(3)}$〔J〕と表される。よって，仮想変位の方法により，鉄心間の吸引力 F を求めると，$F=\boxed{(4)}$〔N〕と求めることができる。

通常，μ_1 は μ_0 に比べて十分に大きいため，吸引力 F は定性的には $\boxed{(5)}$ すると言える。



〔問２の解答群〕

(イ) $\dfrac{LI^2}{2\mu_0}$　(ロ) $\dfrac{NI}{\dfrac{D}{\mu_1}+\dfrac{2x}{\mu_0}}$　(ハ) $\dfrac{LI^2}{2\mu_1}$　(ニ) $\dfrac{SN^2I^2}{2x\left(\dfrac{D}{\mu_1}+\dfrac{2x}{\mu_0}\right)}$

(ホ) $\dfrac{\mu_0 SN^2}{\dfrac{D}{\mu_1}+2x}$　(ヘ) $\dfrac{\mu_0 SN^2I^2}{4}$　(ト) $\dfrac{SN^2I^2}{\mu_0\left(\dfrac{D}{\mu_1}+\dfrac{2x}{\mu_0}\right)^2}$　(チ) $\dfrac{LI^2}{2}$

(リ) $\dfrac{SN^2}{\dfrac{D}{\mu_1}+\dfrac{2x}{\mu_0}}$　(ヌ) $\dfrac{NI}{\dfrac{\mu_1}{D}+\dfrac{\mu_0}{2x}}$　(ル) $\dfrac{2SN^2}{\dfrac{D}{\mu_1}+\dfrac{2x}{\mu_0}}$　(ヲ) $\dfrac{\mu_0 NI}{\dfrac{D}{\mu_1}+2x}$

(ワ) 電流 I に依存せず，ギャップ長 x の２乗に反比例

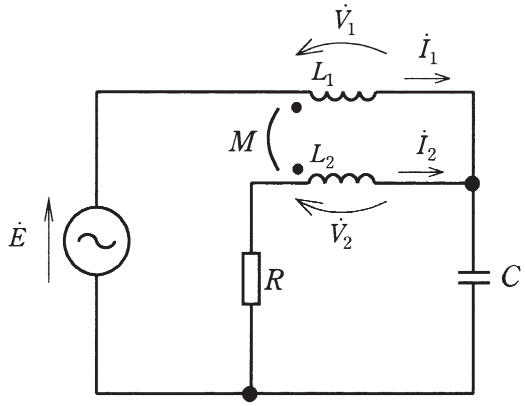
(カ) 電流 I の２乗に比例し，ギャップ長 x に反比例

(ヨ) 電流 I の２乗に比例し，ギャップ長 x の２乗に反比例

問３　次の文章は，変圧器のある交流回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

電圧が $\dot{E}=E(1+\mathrm{j}0)=E$ で，角周波数 $\omega\,(\omega>0)$ が可変の交流電源に，図のように，変圧器，静電容量 C のコンデンサ，抵抗値が R の抵抗が接続されている。変圧器の一次側と二次側の自己インダクタンス及び相互インダクタンスはそれぞれ L_1，L_2，M（ただし $L_1 \neq M$）で，極性は図のように定義する。

図中の電流 $\dot{I}_1$，$\dot{I}_2$ を用いて，電圧 $\dot{V}_1$，$\dot{V}_2$ を表すと，それぞれ $\dot{V}_1=$ $\boxed{(1)}$，$\dot{V}_2=$ $\boxed{(2)}$ である。ここで，$\dot{I}_2=0$ になるよう角周波数 ω を調整した場合，その角周波数は $\boxed{(3)}$ で，そのときの $\dot{I}_1$ は $\boxed{(4)}$ であり，$\dot{I}_1$ が電源電圧に対して遅れ位相となる条件は，$\boxed{(5)}$ である。



〔問３の解答群〕

(イ) $\dfrac{1}{\sqrt{MC}}$ (ロ) $\mathrm{j}\dfrac{\sqrt{MC}}{M-L_1}E$ (ハ) $\mathrm{j}\omega L_1\dot{I}_1+\mathrm{j}\omega M\dot{I}_2$ (ニ) $L_1>M$

(ホ) $\mathrm{j}\omega(L_2+M)\dot{I}_1$ (ヘ) $\mathrm{j}\omega(L_1+M)\dot{I}_1$ (ト) $\dfrac{1}{RC}$ (チ) $L_2>M$

(リ) $\dfrac{M}{R}$ (ヌ) $\sqrt{L_1L_2}>M$ (ル) $\mathrm{j}\omega M\dot{I}_1+\mathrm{j}\omega L_2\dot{I}_2$ (ヲ) $\mathrm{j}\dfrac{RC}{M-L_2}E$

(ワ) $\mathrm{j}\omega(L_2+M)\dot{I}_2$ (カ) $\mathrm{j}\dfrac{\sqrt{MC}}{L_2-L_1}E$ (ヨ) $\mathrm{j}\omega(L_1+M)\dot{I}_2$

問４　次の文章は，RC 回路の過渡現象に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図に示す二つの直流電圧源 E_1 と E_2 に接続された RC 回路を考える。ただし，$E_1 > E_2$ かつ静電容量 C のコンデンサの初期電荷は零とする。$t=0$〔s〕でスイッチ S_1 及び S_2 を閉じた。コンデンサの電流 $i_C(t)=C\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v_C(t)$ に着目すると，キルヒホッフの電流則により

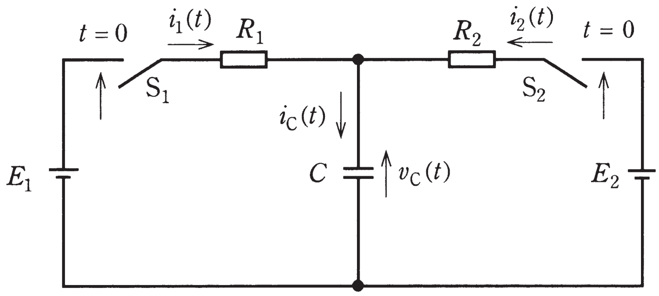
$$C\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}v_C(t)=\frac{E_1-v_C(t)}{R_1}+\frac{E_2-v_C(t)}{R_2}$$ となる。

コンデンサの初期電荷は零の仮定により，$v_C(t)$ の初期値は 0〔V〕である。$t\to+\infty$ で $v_C(t)\to V_C$ とおくと，$v_C(t)=V_C(1-e^{-\boxed{\quad(1)\quad}\times t})$ となる。

抵抗 R_1 と R_2 を流れる電流 $i_1(t)$ と $i_2(t)$ の表式は，$t\to+\infty$ で $\begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \end{bmatrix}\to\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ とおくと，$\begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} i_1(0) \\ i_2(0) \end{bmatrix}e^{-\boxed{\quad(1)\quad}\times t}+\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}(1-e^{-\boxed{\quad(1)\quad}\times t})$ となる。

このとき，$i_1(0)+i_2(0)=\boxed{\quad(2)\quad}$，$I_1=-I_2=\boxed{\quad(3)\quad}$ である。

$E_1 > E_2$ の仮定により，ある時刻 t_0（$t_0>0$）を境にして，$0<t<t_0$ では，$i_C(t)>i_1(t)$ であったのが，$t_0<t$ では $i_C(t)<i_1(t)$ に変化する。その変化の瞬間の時刻 t_0 では $i_C(t_0)=\boxed{\quad(4)\quad}$ である。また，時刻 t_0 から $t=+\infty$ までのコンデンサの電荷の増加量は $\boxed{\quad(5)\quad}$ となる。



〔問４の解答群〕

(イ) $\dfrac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2}$ (ロ) $\dfrac{E_1}{R_1} + \dfrac{E_2}{R_2}$ (ハ) $C\left(\dfrac{E_1 - E_2}{2}\right)\dfrac{R_2}{R_1}$ (ニ) $\dfrac{E_1}{R_1 + R_2}$

(ホ) $\dfrac{CR_2(E_1 - E_2)}{R_1 + R_2}$ (ヘ) $\dfrac{E_1}{R_2}$ (ト) $\dfrac{E_1}{R_1}$ (チ) $\dfrac{1}{C}\left(\dfrac{1}{R_1 + R_2}\right)$

(リ) $C\left(\dfrac{E_1 + E_2}{2}\right)\dfrac{R_1}{R_2}$ (ヌ) $-\dfrac{E_2}{R_2}$ (ル) $-\dfrac{E_1}{R_1 + R_2}$ (ヲ) $\dfrac{E_1 - E_2}{R_1}$

(ワ) $-\dfrac{E_2}{R_1}$ (カ) $\dfrac{1}{C}\left(\dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$ (ヨ) $\dfrac{1}{C}\left(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}\right)$

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，電圧源と抵抗とからなる直流回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図のように電圧源と抵抗を接続した回路があり，重ね合わせの理を用いて抵抗に流れる電流 I_1，I_2，I_3 を求めたい。$E_1 = 8$〔V〕，$E_2 = 9$〔V〕とする。電流は矢印の向きを正とする。

電圧源 E_1 のみについて考えたとき，電流 I_1 は $\boxed{(1)}$〔A〕，電流 I_2 は $\boxed{(2)}$〔A〕となる。電圧源 E_2 のみについて考えたとき，電流 I_1 は $\boxed{(3)}$〔A〕，電流 I_2 は $\boxed{(4)}$〔A〕となる。

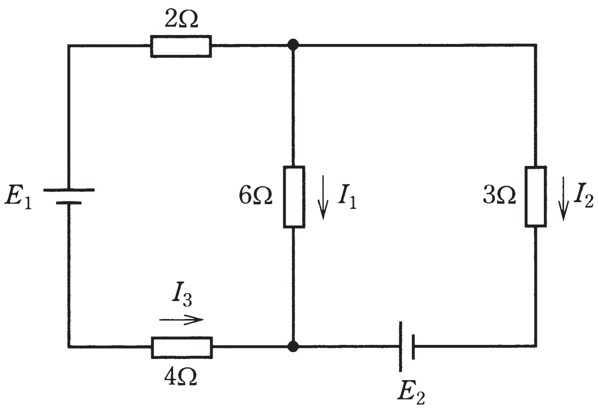
よってすべての電圧源について考えると，

$I_1 = \boxed{(1)} + \boxed{(3)}$〔A〕

$I_2 = \boxed{(2)} + \boxed{(4)}$〔A〕

$I_3 = \boxed{(5)}$〔A〕

である。



●S1－R012

〔問５の解答群〕

(イ) $-\frac{7}{4}$	(ロ) $-\frac{3}{2}$	(ハ) $-\frac{4}{3}$	(ニ) -1
(ホ) $-\frac{3}{4}$	(ヘ) $-\frac{1}{2}$	(ト) 0	(チ) $\frac{1}{3}$
(リ) $\frac{2}{3}$	(ヌ) $\frac{3}{4}$	(ル) 1	(ヲ) $\frac{4}{3}$
(ワ) $\frac{3}{2}$	(カ) $\frac{8}{3}$	(ヨ) 3	

問６　次の文章は，電子のサイクロトロン共鳴に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

速度 v，質量 m，単位電荷 q を持つ電子を進行方向と垂直の磁場 B のなかに入れると，フレミングの左手の法則に従って，電荷の進む方向と磁場の両者に対して直角のローレンツ力を受け，その大きさは qvB である。この力により，電子は等速円運動を始めるが，等速円運動の向心力は，円運動の半径を r とすれば $\boxed{(1)}$ となる。これが qvB と等しいことから，半径は $\boxed{(2)}$ となる。

さて静止している電子を速度 v まで加速するのに必要な電圧を V とする。この V を用いると速度 v は $\boxed{(3)}$ となる。そこで電子をある半径 r で等速円運動をさせるときに必要な電子のエネルギーに相当する電圧は $\boxed{(4)}$ となる。

一方，この等速円運動は応用においてはその角周波数(サイクロトロン角周波数：単位時間当たりの回転角度)が重要であるが，これは $\boxed{(5)}$ となる。

〔問６の解答群〕

(イ) $\dfrac{2\pi qB}{m}$　(ロ) $\sqrt{\dfrac{qV}{2m}}$　(ハ) $\dfrac{qBr}{m}$　(ニ) $\dfrac{mv}{r}$

(ホ) mrv^2　(ヘ) $\sqrt{\dfrac{qB^2}{2mV}}$　(ト) $\sqrt{\dfrac{2qV}{m}}$　(チ) $\dfrac{qB^2r^2}{2m}$

(リ) $\sqrt{\dfrac{V}{2qm}}$　(ヌ) $\dfrac{v}{qmB}$　(ル) qrB　(ヲ) $\dfrac{mv}{qB}$

(ワ) $\dfrac{mv^2}{r}$　(カ) $\dfrac{qB}{mv}$　(ヨ) $\dfrac{qB}{m}$

問７及び問８は選択問題です。問７又は問８のどちらかを選んで解答してください。
（両方解答すると採点されませんので注意してください。）

（選択問題）

問７　次の文章は，トランジスタ増幅回路の設計に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。ただし，図 1 のトランジスタ増幅回路において，v_{in} は小信号正弦波入力電圧，v_{out} は小信号正弦波出力電圧である。

いま，抵抗 R_1 を流れる電流 I_1 と比較して直流ベース電流 I_B を無視できると仮定する。まず，直流ベース電位 V_B を 1.2〔V〕とするためには，電流 I_1 が $\boxed{(1)}$〔μA〕となるので，抵抗 R_1 を $\boxed{(2)}$〔kΩ〕と求めることができる。次に，トランジスタのベース･エミッタ間の直流電圧 V_{BE} を 0.70〔V〕と仮定する。直流エミッタ電流 I_E を 0.10〔mA〕とするために，抵抗 R_E を $\boxed{(3)}$〔kΩ〕とする。さらに，直流コレクタ電位 V_C を 2.1〔V〕に設定するために，抵抗 R_L を $\boxed{(4)}$〔kΩ〕とする。

最後に，これまでに求めた素子値を用いて，図 1 のトランジスタ増幅回路の電圧増幅度 $\dfrac{v_{\mathrm{out}}}{v_{\mathrm{in}}}$ を求めることにする。トランジスタの交流等価回路が図 2 で表され，また，すべてのコンデンサを正弦波交流信号の周波数において短絡とみなすと，図 1 のトランジスタ増幅回路の電圧増幅度 $\dfrac{v_{\mathrm{out}}}{v_{\mathrm{in}}}$ の絶対値は $\boxed{(5)}$ となる。

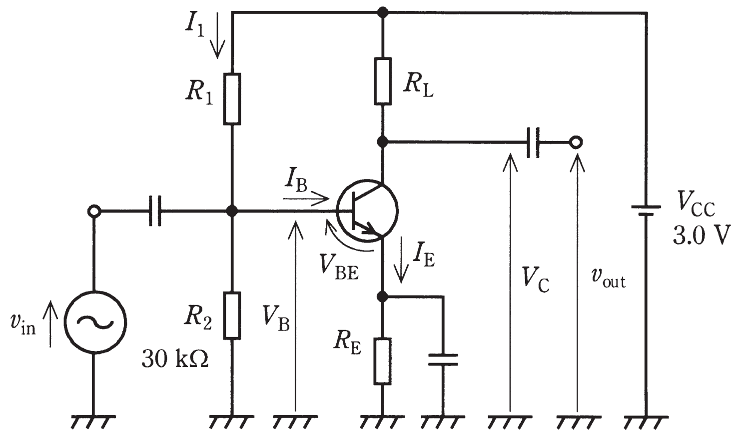


図 1

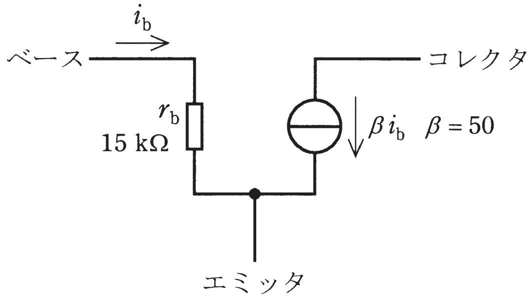


図 2

〔問 7 の解答群〕

(イ) 0.50	(ロ) 0.90	(ハ) 3.0	(ニ) 4.0
(ホ) 5.0	(ヘ) 9.0	(ト) 15	(チ) 20
(リ) 30	(ヌ) 40	(ル) 45	(ヲ) 50
(ワ) 60	(カ) 90	(ヨ) 300	

（選択問題）

問８　次の文章は，可動コイル形計器の測定範囲拡大に関する記述である。文中の $\boxed{\quad\quad}$ に当てはまるものを解答群の中から選びなさい。

図１において，最大目盛値が 20〔mA〕，内部抵抗が 10〔Ω〕の直流電流計に抵抗 R_1，R_2，R_3 を接続し，電流測定範囲を拡大するとともに電圧も測定できるようにしたい。

まず，電流の測定範囲を 0.1〔A〕及び 1〔A〕に拡大する場合には，図２及び図３のように R_1 及び R_2 を電流計に接続する。ここで，図２より $R_1+R_2=$ $\boxed{(1)}$〔Ω〕となり，図３より $\boxed{(2)}$ $\times R_1 = 0.02(R_2+10)$ の関係が得られる。

以上より R_1 及び R_2 を求めれば，$R_1=$ $\boxed{(3)}$〔Ω〕，$R_2=$ $\boxed{(4)}$〔Ω〕となる。

さらに，電圧の測定範囲を 1〔V〕までにする場合には，図４より，$R_3=$ $\boxed{(5)}$〔Ω〕を電流計に接続すればよいことがわかる。

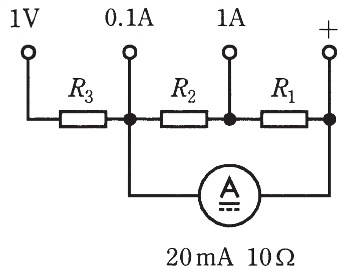


図１

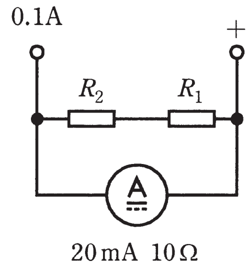


図２

●S1－R018

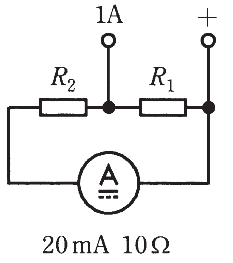


図 3

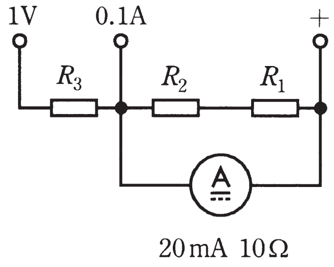


図 4

〔問 8 の解答群〕

(イ) 0.23	(ロ) 0.25	(ハ) 0.30	(ニ) 0.98
(ホ) 1.02	(ヘ) 1.37	(ト) 1.67	(チ) 1.77
(リ) 1.96	(ヌ) 2.00	(ル) 2.25	(ヲ) 2.50
(ワ) 7.84	(カ) 8.00	(ヨ) 10.0	