平成 30 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**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**：０１４１Ｍ０１２３４Ａの場合）

受	験				番			号			
数		字		記号	数				字	記号	
0	1	4	1	M	0	1	2	3	4	A	
●					●	⓪	⓪	⓪	⓪	●	A
①	●	①	●		①	●	①	①	①	Ⓑ	B
②		②	②		②	②	●	②	②	Ⓒ	C
③		③	③		③	③	③	●	③	Ⓚ	K
④		●	④		④	④	④	④	●	Ⓛ	L
⑤			⑤	●	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	Ⓜ	M
⑥			⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	Ⓝ	N
⑦					⑦	⑦	⑦	⑦	⑦		
⑧					⑧	⑧	⑧	⑧	⑧		
⑨					⑨	⑨	⑨	⑨	⑨		

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。

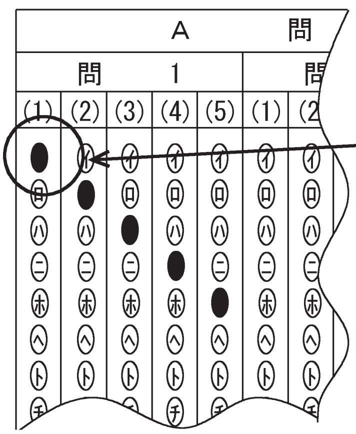
4．マークシートは，折り曲げたり汚したりしないでください。

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）



正解と思われるものの記号の枠内を，マークシートに印刷されているマーク記入例に従い，濃く塗りつぶす方法で示してください。

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**

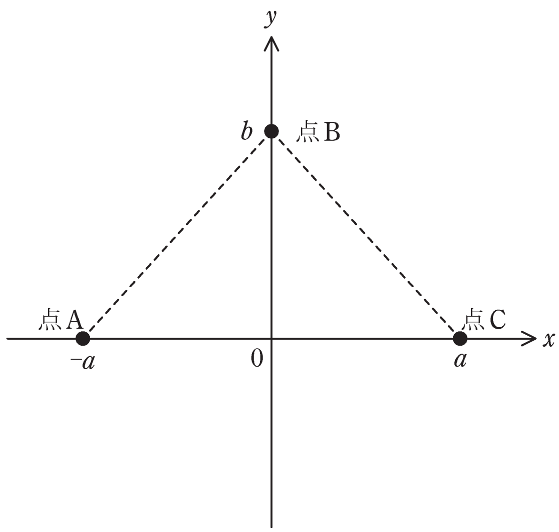
A問題（配点は 1 問題当たり小問各 3 点，計 15 点）

問 1　次の文章は，点電荷が真空中に作り出す電界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，ε_0 は真空の誘電率である。

図のように xy 平面上の点 A$(x,\ y)=(-a,\ 0)$ に電荷 $+Q$ の点電荷を置く。この点電荷が y 軸上の点 B$(x,\ y)=(0,\ b)$ に作り出す電界の x 成分は $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\times\boxed{(1)}$，$y$ 成分は $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\times\boxed{(2)}$ となる。

さらに，点 C$(x,\ y)=(a,\ 0)$ に電荷 $-Q$ の点電荷を置いた場合には，点 B における合成電界は x 成分のみをもち，$b=\boxed{(3)}$ の場合にその大きさが最大となる。

一方，点 C に電荷 $+Q$ の点電荷を置いた場合には，点 B における合成電界は y 成分のみをもち，$\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\times\boxed{(4)}$ となる。この合成電界は，$b=\boxed{(5)}$ の場合にその大きさが最大となる。



●S1－R 004

〔問１の解答群〕

(イ) $\dfrac{a}{a^2+b^2}$　(ロ) $\dfrac{a+b}{\left(a^2+b^2\right)^{\frac{3}{2}}}$　(ハ) $\dfrac{b}{a^2+b^2}$　(ニ) $\pm\dfrac{a}{2}$

(ホ) $\pm a$　(ヘ) $\pm 2a$　(ト) $\dfrac{a}{\left(a^2+b^2\right)^{\frac{3}{2}}}$　(チ) $\dfrac{2a}{\left(a^2+b^2\right)^{\frac{3}{2}}}$

(リ) $\pm\dfrac{a}{\sqrt{2}}$　(ヌ) $\dfrac{b}{\left(a^2+b^2\right)^{\frac{1}{2}}}$　(ル) $\dfrac{2b}{\left(a^2+b^2\right)^{\frac{3}{2}}}$　(ヲ) $\pm\infty$

(ワ) $\dfrac{b}{\left(a^2+b^2\right)^{\frac{3}{2}}}$　(カ) $\dfrac{a}{\left(a^2+b^2\right)^{\frac{1}{2}}}$　(ヨ) 0

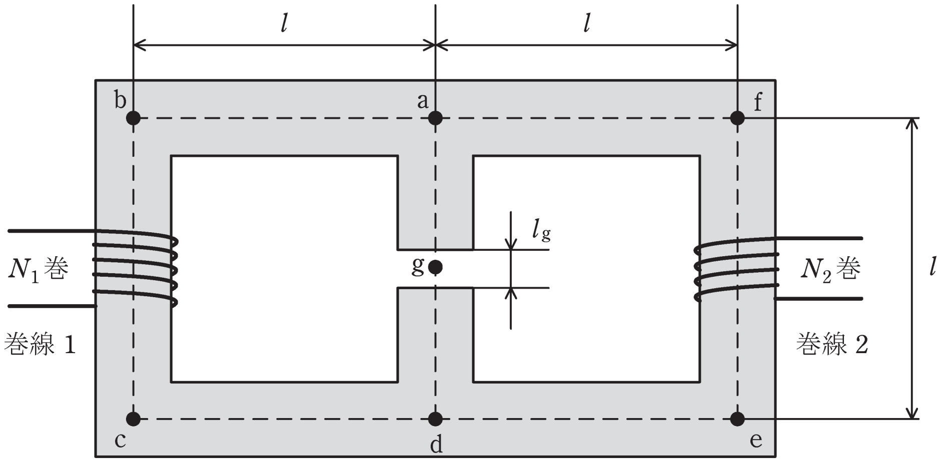
問２　次の文章は，微小ギャップを有する磁気回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図のように，巻線１及び巻線２が鉄心に巻かれており，巻数はそれぞれ N_1 及び N_2 である。鉄心の断面は面積 A の正方形で，磁束密度は断面内で一様に分布する。鉄心の断面の中心線を磁路として，その上に点 a〜f を取ると，四角形 abcd と四角形 afed は一辺 l の正方形となる。ただし，l は鉄心の断面の一辺より十分大きい（$l \gg \sqrt{A}$）。ここで，a–d 間に点 g を置き，長さ l_{g}（$l_{\mathrm{g}} \ll \sqrt{A}$）の微小なギャップを設ける。

なお，鉄心の磁束の飽和やヒステリシス特性は無視でき，透磁率は μ であるとして，磁束はギャップ部を除き全て鉄心中を通るものとする。また，ギャップ部の端効果は無視し，磁束は鉄心から連続して磁路と平行にギャップを通り抜けるものとし，ギャップの透磁率は μ_0（$\mu_0 \ll \mu$）であるとする。

点 a から点 d への磁路 a–g–d の磁気抵抗 R は，鉄心部分の長さが $l-l_{\mathrm{g}}$ であることを考慮すれば $R=$ $\boxed{(1)}$ であり，この R を，点 a から点 b，c を通り点 d に至る磁路 a–b–c–d の磁気抵抗と同じにするようギャップ長 l_{g} を決めると，$l_{\mathrm{g}}=$ $\boxed{(2)}$ である。このとき，巻線１のみに電流 I_1 を流すと，ギャップ中の磁束密度の大きさは R を用いて $\boxed{(3)}$ と表せる。R を用いて巻線１の自己インダクタンス及び巻線１と２との間の相互インダクタンスを表すと，それぞれ $\boxed{(4)}$，$\boxed{(5)}$ である。

●S1－R 006



〔問２の解答群〕

(イ) $\dfrac{N_1 N_2}{3R}$　(ロ) $\dfrac{\mu_0}{\mu-\mu_0}l$　(ハ) $\dfrac{l-l_g}{\mu A}+\dfrac{l_g}{\mu_0 A}$　(ニ) $\dfrac{N_1^2}{2R}$

(ホ) $\dfrac{l}{\mu A}+\dfrac{l_g}{\mu_0 A}$　(ヘ) $\dfrac{(N_1+N_2)^2}{3R}$　(ト) $\dfrac{N_2}{3N_1 R}$　(チ) $\dfrac{N_1^2}{3R}$

(リ) $\dfrac{N_1 I_1}{3RA}$　(ヌ) $\dfrac{2N_1^2}{3R}$　(ル) $\dfrac{N_1 I_1}{2RA}$　(ヲ) $\dfrac{3\mu_0}{\mu-\mu_0}l$

(ワ) $\dfrac{2N_1 I_1}{3RA}$　(カ) $\dfrac{4l-l_g}{\mu A}+\dfrac{l_g}{\mu_0 A}$　(ヨ) $\dfrac{2\mu_0}{\mu-\mu_0}l$

問３　次の文章は，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。

図に示す，コンデンサ，抵抗，コイル，直流電圧源からなる回路を考える。時刻 $t<0$ でスイッチ S は開いており，各素子の電圧，電流は零とする。

$t=0$ でスイッチ S を閉じると，$t \geqq 0$ でコンデンサの電圧は，

$v_{\mathrm{C}}(t)=E\times(\boxed{(1)})=E-v_1(t)$，コイルの電流は $i_2(t)=\dfrac{E}{R}\times(\boxed{(2)})$ となる。これらより，$t \geqq 0$ で直流電圧源 E を流れる電流は，

$$i(t)=i_1(t)+i_2(t)=\frac{v_1(t)}{R}+i_2(t)=\frac{E}{R}\times(\boxed{(3)})$$

となる。特に $\dfrac{1}{CR}=\dfrac{R}{L}$ のときは $\boxed{(3)}$ は一定であり，$t \geqq 0$ で，

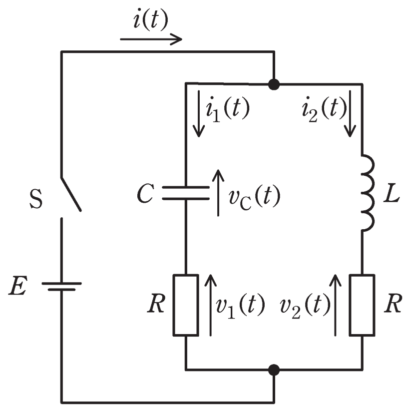
$$i_1(t)+i_2(t)=\frac{E}{R}\ (\text{一定値}) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ①$$

が成立する。

次に $\dfrac{1}{CR}=\dfrac{R}{L}$ のときに $i_1(t)=i_2(t)$ となる時刻 t を $T(>0)$ で表すと，

$i_1(T)=\dfrac{E}{R}\times\boxed{(4)}$ 及び①式より $i_1(T)=i_2(T)=\dfrac{E}{2R}$ であるから，

$\boxed{(4)}=\dfrac{1}{2}$ となる。両辺の対数をとると，$T=\boxed{(5)}$ が求められる。



●S1－R 008

〔問３の解答群〕

(イ) $1-\mathrm{e}^{-\frac{1}{CR}t}$	(ロ) $1+\mathrm{e}^{-\frac{1}{CR}t}$	(ハ) $2-\mathrm{e}^{-\left(\frac{1}{CR}-\frac{R}{L}\right)t}$
(ニ) $\mathrm{e}^{-\frac{1}{CR}T}$	(ホ) $2-\mathrm{e}^{\left(\frac{1}{CR}-\frac{R}{L}\right)t}$	(ヘ) $1+\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}$
(ト) $\mathrm{e}^{-\frac{1}{2CR}T}$	(チ) $\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}-2$	(リ) $\ln CR$
(ヌ) $1-\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}$	(ル) $1+\mathrm{e}^{-\frac{1}{CR}t}-\mathrm{e}^{-\frac{R}{L}t}$	(ヲ) $CR\ln 2$
(ワ) $\mathrm{e}^{-\frac{1}{CR}t}-2$	(カ) $2\ln CR$	(ヨ) $\mathrm{e}^{-\frac{2}{CR}T}$

問４　次の文章は，半導体のキャリア濃度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。

熱平衡状態にある半導体では，正孔濃度 p と電子濃度 n の積，すなわち pn 積は一定となる性質がある。不純物ドーピングを行っていない真性半導体では，p と n は常に等しい。このとき，$p=n$ を真性キャリア濃度 n_i と定義すると，pn 積は n_i を用いて $\boxed{(1)}$ と表される。不純物ドーピングを行うと，不純物イオンから供給される正孔又は電子によって，$p \neq n$ となるが，pn 積一定の関係から，多数キャリア濃度が決まると少数キャリア濃度も決まる。ただし，n_i は温度上昇に伴い顕著に増加する。本問では，室温における n_i が 1.0×10^{10} cm^{-3} であり，また，温度が室温から 40℃上昇すると n_i が 10 倍に増加する半導体を考える。半導体の導電率は，電子及び正孔による導電率の和で表され，それぞれの導電率はそれぞれの濃度及び移動度に比例すると仮定すると，真性半導体の導電率は室温から 40℃の温度上昇により $\boxed{(2)}$ 倍となる。ただし，移動度の温度変化は無視する。

この半導体にドナー不純物を 1.0×10^{18} cm^{-3} ドーピングしたところ，不純物濃度と等しい電子濃度を有する n 形半導体となった。この半導体の室温における正孔濃度は $\boxed{(3)}$ cm^{-3} である。また，室温から温度が 40℃上昇した場合の正孔濃度は $\boxed{(4)}$ cm^{-3} となる。ただし，多数キャリアである電子濃度は 40℃の温度上昇では変化せず，不純物濃度と等しいものとしてよい。この場合，導電率は室温から 40℃の温度上昇により約 $\boxed{(5)}$ 倍となる。ただし，電子移動度と正孔移動度は等しいと仮定し，温度依存性はないものとする。

〔問４の解答群〕

(イ) 1.0×10^{-7}	(ロ) 1.0×10^{2}	(ハ) 5.0×10^{3}	(ニ) $\dfrac{n_i^2}{2}$
(ホ) 0.1	(ヘ) n_i^2	(ト) 20	(チ) 1.0×10^{-2}
(リ) 50	(ヌ) 1.0×10^{-8}	(ル) 1.0×10^{4}	(ヲ) 1.0
(ワ) n_i	(カ) 1.0×10^{-4}	(ヨ) 10	

B問題（配点は1問題当たり小問各2点，計10点）

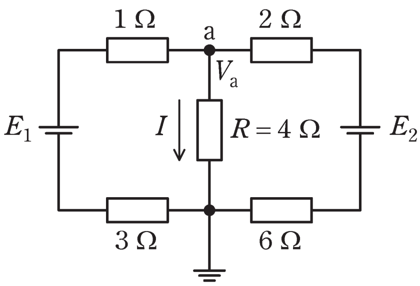
問5　次の文章は，直流回路に関する記述である。文中の $\boxed{}$ に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図のように電圧源 E_1，E_2 及び抵抗からなる直流回路において，重ね合わせの理を用いて抵抗 $R=4\,\Omega$に流れる電流 I を求めたい。ただし，電流は矢印の向きを正とする。

まず，電圧源 E_1 のみを考えたとき，抵抗 R に流れる電流 I_1 は $\boxed{(1)}$ となる。次に，電圧源 E_2 のみを考えたとき，抵抗 R に流れる電流 I_2 は $\boxed{(2)}$ となる。

したがって，すべての電圧源について考えると，抵抗 R に流れる電流 I は，$I=I_1+I_2=$ $\boxed{(3)}$ となる。また，図の点 a の電位 V_a は $\boxed{(4)}$ となる。

ここで，E_1，E_2 の関係が $E_2=$ $\boxed{(5)}$ となる場合において電流 I は零となる。



〔問5の解答群〕

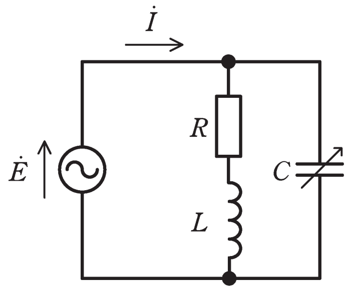
(イ) $\dfrac{3E_1+E_2}{3}$	(ロ) $-\dfrac{E_1}{2}$	(ハ) $\dfrac{E_2}{10}$	(ニ) $\dfrac{E_1}{20}$
(ホ) $\dfrac{E_1+2E_2}{5}$	(ヘ) $\dfrac{E_2}{20}$	(ト) $\dfrac{E_1+2E_2}{20}$	(チ) $-2E_1$
(リ) $\dfrac{3E_1+E_2}{12}$	(ヌ) $\dfrac{2E_1+E_2}{5}$	(ル) $\dfrac{E_2}{12}$	(ヲ) $\dfrac{E_1}{8}$
(ワ) $\dfrac{E_1}{10}$	(カ) $\dfrac{2E_1+E_2}{20}$	(ヨ) $-E_1$	

問６　次の文章は，交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。

図の回路において，キャパシタ C のみが可変であり，電圧 $\dot{E}$ の角周波数はωである。

電源からみた回路の合成アドミタンスは，$\dot{Y}=$ $\boxed{(1)}$ $+\,\mathrm{j}$ $\boxed{(2)}$ であり，可変キャパシタ $C=$ $\boxed{(3)}$ のとき，電圧 $\dot{E}$ と電流 $\dot{I}$ の位相差は $\frac{\pi}{4}$ rad となる。

また，可変キャパシタ $C=$ $\boxed{(4)}$ のとき，回路の合成アドミタンス $\dot{Y}$ の大きさ $|\dot{Y}|$ が最小となる。このとき，電圧 $\dot{E}$ と電流 $\dot{I}$ の位相の関係は，$\boxed{(5)}$ となる。



●S1－R 012

〔問６の解答群〕

(イ) $\dfrac{\omega L}{R^2+\omega^2 L^2}$ (ロ) $\omega\left(C-\dfrac{L}{R^2+\omega^2 L^2}\right)$ (ハ) $\dfrac{R+\omega L}{\omega(R^2+\omega^2 L^2)}$

(ニ) $\dfrac{1}{\omega C(R^2+\omega^2 L^2)}$ (ホ) $\omega\left(C-\dfrac{R}{R^2+\omega^2 L^2}\right)$ (ヘ) $\omega\left[L-\dfrac{1}{C(R^2+\omega^2 L^2)}\right]$

(ト) $\dfrac{1}{\omega(R^2+\omega^2 L^2)}$ (チ) $\dfrac{L}{R^2+\omega^2 L^2}$ (リ) $\dfrac{R}{R^2+\omega^2 L^2}$

(ヌ) $\dfrac{R}{R+\omega L}$ (ル) $\dfrac{1}{C(R^2+\omega^2 L^2)}$ (ヲ) $\dfrac{R}{\omega(R^2+\omega^2 L^2)}$

(ワ) 電圧が電流に対して進み (カ) 電圧と電流が同相

(ヨ) 電圧が電流に対して遅れ

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，バイポーラトランジスタを用いた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。

図１の増幅回路は，使用する周波数帯域において容量 C_E のインピーダンスが十分に小さく短絡とみなせるとき，図 2 の小信号等価回路で表される。ここで h_{ie} 及び h_{fe} はそれぞれエミッタ接地されたバイポーラ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。

図 2 においてトランジスタのベース-エミッタ間電圧 v_{be} 及び R_{E1} の両端の電圧は，電流 i_b を用いてそれぞれ $\boxed{(1)}$ 及び $\boxed{(2)}$ と表される。これらの電圧の和は入力電圧 v_{in} となることから，電流 i_b は入力電圧を用いて $\boxed{(3)}$ と表される。電流 i_b は増幅回路の入力電流であるから，増幅回路の入力インピーダンス $\dfrac{v_{in}}{i_b}$ は $\boxed{(4)}$ となる。一方，出力電圧 v_{out} は $v_{out} = -R_C h_{fe} i_b$ であるから，$i_b =$ $\boxed{(3)}$ を代入することにより，増幅回路の電圧利得 $\dfrac{v_{out}}{v_{in}}$ は $\boxed{(5)}$ となる。

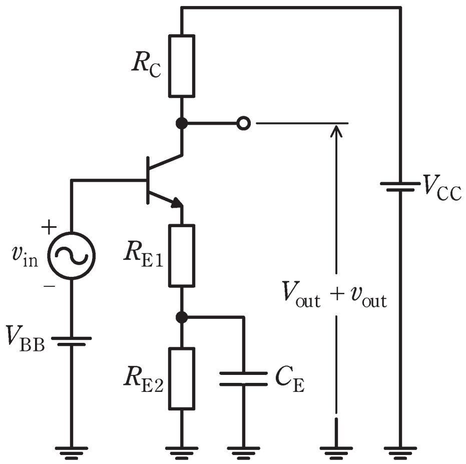


図 1

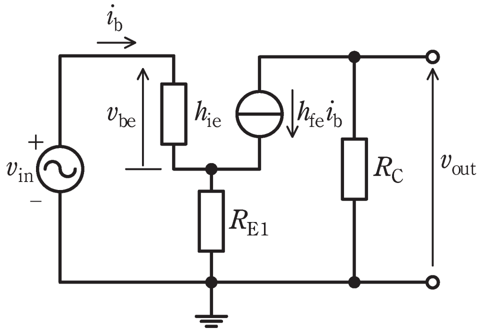


図 2

〔問 7 の解答群〕

(イ) $h_{ie}+R_{E1}(1+h_{fe})$　(ロ) $\dfrac{h_{fe}R_C}{h_{ie}+R_{E1}(1+h_{fe})}$　(ハ) $h_{ie}i_b$

(ニ) $\dfrac{-h_{fe}R_C}{h_{ie}+R_{E1}(1+h_{fe})}$　(ホ) $\dfrac{v_{in}}{h_{ie}+R_{E1}(1+h_{fe})}$　(ヘ) $[h_{ie}+R_{E1}(1+h_{fe})]v_{in}$

(ト) h_{ie}　(チ) $R_{E1}(1+h_{fe})i_b$　(リ) $\dfrac{v_{in}}{h_{ie}}$

(ヌ) $h_{ie}+R_{E1}$　(ル) v_{in}　(ヲ) $\dfrac{-h_{fe}R_C}{h_{ie}}$

(ワ) $\dfrac{i_b}{h_{ie}}$　(カ) $R_{E1}i_b$　(ヨ) $\dfrac{i_b}{R_{E1}(1+h_{fe})}$

（選択問題）

問８　次の文章は，抵抗の測定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及び図２は，直流電圧源 E，内部抵抗 r_{v} の直流電圧計Ⓥ及び内部抵抗 r_{c} の直流電流計Ⓐを用い，未知の抵抗 R を測定する回路である。

図１において電圧計の指示が V_1，電流計の指示が I_1 であるとき，計器の指示から求められる抵抗を R_1 とすると，$R_1=\dfrac{V_1}{I_1}=\boxed{(1)}$ となる。次に，図２において電圧計の指示が V_2，電流計の指示が I_2 であるとき，計器の指示から求められる抵抗を R_2 とすると，$R_2=\dfrac{V_2}{I_2}=\boxed{(2)}$ となる。

測定の誤差率 ε を $\dfrac{測定値-真値}{真値}$ と定義すると，図１の測定における誤差率 ε_1 は $\varepsilon_1=\boxed{(3)}$ ，図２の測定における誤差率 ε_2 は $\varepsilon_2=\boxed{(4)}$ となる。

一般に，高抵抗を測定する場合には図１の回路が用いられ，R と r_{c} の関係が $\boxed{(5)}$ を満足する電流計を使用することにより，誤差が小さい測定が可能となる。

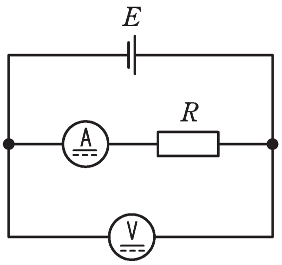


図 1

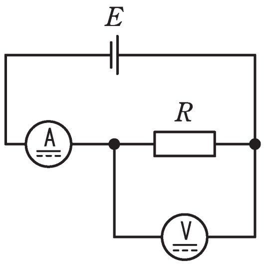


図 2

〔問８の解答群〕

(イ) $r_c - R$　(ロ) r_v　(ハ) $R \gg r_c$　(ニ) $\dfrac{r_v + r_c}{r_v + R}$

(ホ) $-\dfrac{R}{r_v + R}$　(ヘ) $\dfrac{r_v R}{r_v + R}$　(ト) r_c　(チ) $R \ll r_c$

(リ) $r_c + \dfrac{r_v R}{r_v + R}$　(ヌ) $\dfrac{r_v(r_c + R)}{r_c + r_v + R}$　(ル) $r_c + R$　(ヲ) $\dfrac{r_c}{R}$

(ワ) $R = r_c$　(カ) $-\dfrac{r_v}{R}$　(ヨ) $R - r_v$