

電験三種
厳選過去問

理論

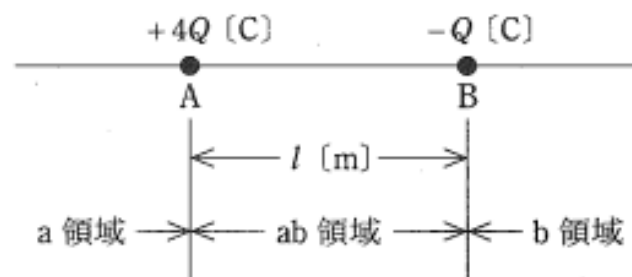
—山下先生編—

A 問題(配点は 1 問当たり 5 点)

問 1

真空中において、図のように点 A に正電荷 $+4Q$ [C]、点 B に負電荷 $-Q$ [C] の点電荷が配置されている。この 2 点を通る直線上で電位が 0 [V] になる点を点 P とする。点 P の位置を示すものとして、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。なお、無限遠の点は除く。

ただし、点 A と点 B 間の距離を l [m] とする。また、点 A より左側の領域を a 領域、点 A と点 B の間の領域を ab 領域、点 B より右側の領域を b 領域とし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。



	a 領域	ab 領域	b 領域
(1)	点 A より左 $\frac{l}{3}$ [m] の点	この領域には存在しない	点 B より右 l [m] の点
(2)	この領域には存在しない	点 A より右 $\frac{4l}{5}$ [m] の点	点 B より右 $\frac{l}{3}$ [m] の点
(3)	この領域には存在しない	この領域には存在しない	点 B より右 l [m] の点
(4)	点 A より左 $\frac{l}{3}$ [m] の点	点 A より右 $\frac{4l}{5}$ [m] の点	点 B より右 $\frac{l}{3}$ [m] の点
(5)	この領域には存在しない	点 A より右 $\frac{4l}{5}$ [m] の点	点 B より右 l [m] の点

問 2

図 1 に示すような、空気中における固体誘電体を含む複合誘電体平行平板電極がある。この下部電極を接地し、上部電極に電圧を加えたときの電極間の等電位線の分布を示す断面図として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、誘電体の導電性及び電極と誘電体の端効果は無視できるものとする。
参考までに固体誘電体を取り除いた、空気中平行平板電極の場合の等電位線の分布を図 2 に示す。

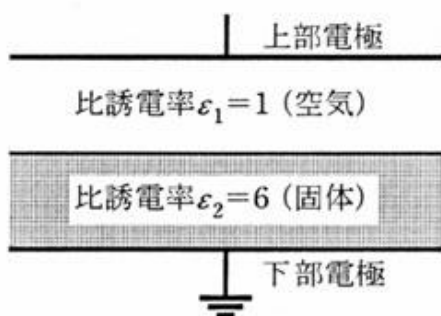


図 1 複合誘電体平行平板電極の断面図

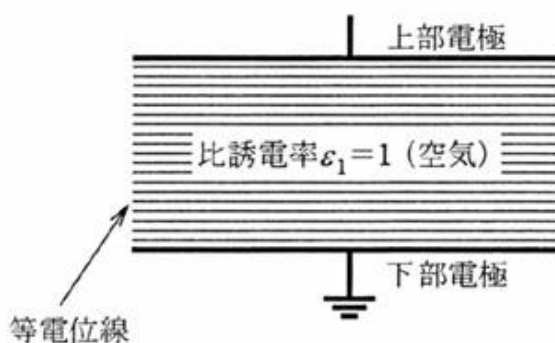
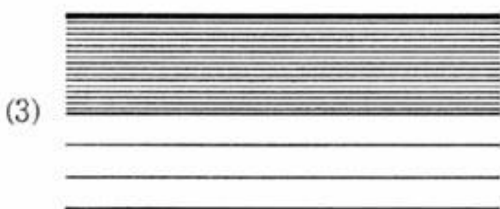
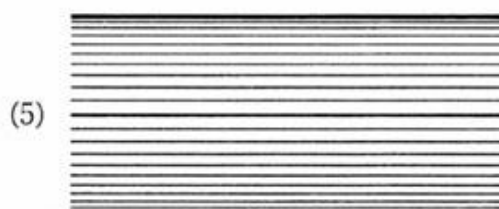
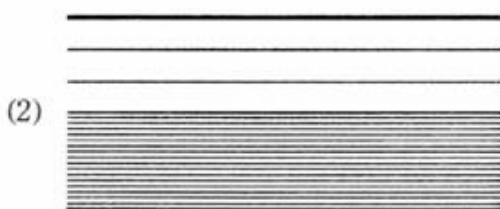
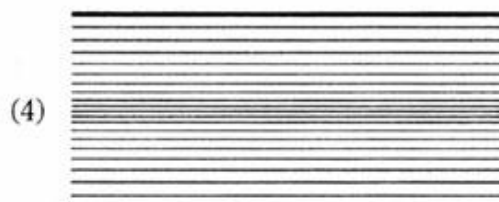


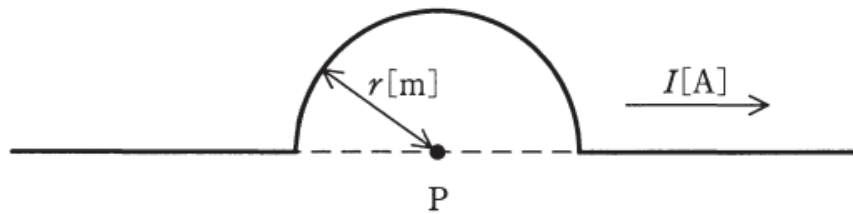
図 2 空気中平行平板電極の断面図



(注) 図 2 と同様に下側を接地電極とする。

問 3

図のように、長い線状導体の一部が点Pを中心とする半径 r [m]の半円形になっている。この導体に電流 I [A]を流すとき、点Pに生じる磁界の大きさ H [A/m]はビオ・サバルの法則より求めることができる。 H を表す式として正しいものを、次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $\frac{I}{2\pi r}$ (2) $\frac{I}{4r}$ (3) $\frac{I}{\pi r}$ (4) $\frac{I}{2r}$ (5) $\frac{I}{r}$

問 4

巻数 $N=10$ のコイルを流れる電流が 0.1 秒間に 0.6 [A] の割合で変化しているとき、コイルを貫く磁束が 0.4 秒間に 1.2 [mWb] の割合で変化した。このコイルの自己インダクタンス L [mH] の値として、正しいのは次のうちどれか。ただし、コイルの漏れ磁束は無視できるものとする。

- (1) 0.5 (2) 2.5 (3) 5 (4) 10 (5) 20

問 5

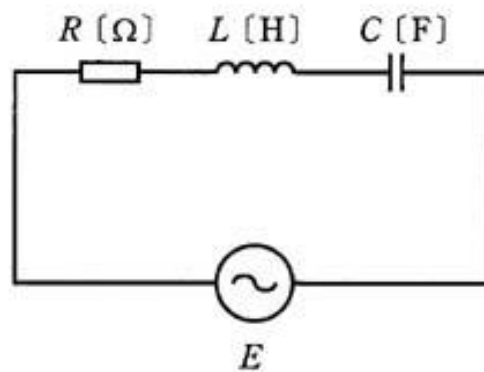
起電力が E [V] で内部抵抗が r [Ω] の電池がある。この電池に抵抗 R_1 [Ω] と可変抵抗 R_2 [Ω] を並列につないだとき、抵抗 R_2 [Ω] から発生するジュール熱が最大となるときの抵抗 R_2 [Ω] の値を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

(1) $R_2 = r$ (2) $R_2 = R_1$ (3) $R_2 = \frac{rR_1}{r-R_1}$

(4) $R_2 = \frac{rR_1}{R_1-r}$ (5) $R_2 = \frac{rR_1}{r+R_1}$

問 6

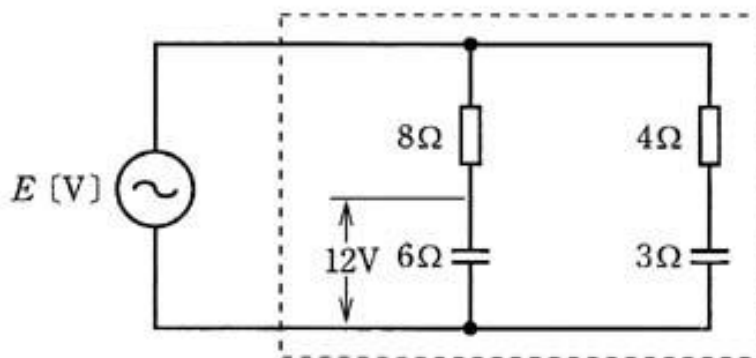
図のように、 R [Ω] の抵抗、インダクタンス L [H] のコイル、静電容量 C [F] のコンデンサを直列に接続した交流回路がある。この回路において、電源 E は周波数を変化できるものとする。電源周波数を変化させたところ、2 種類の異なる周波数 f_1 [Hz] と f_2 [Hz] に対して、この回路の電源からみたインピーダンス [Ω] の大きさは変わらなかった。このときの $f_1 \times f_2$ の値として、正しいのは次のうちどれか。



- (1) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (2) $\frac{1}{4\pi LC}$ (3) $\frac{1}{4\pi^2 LC}$ (4) $\frac{1}{4\pi^2 L^2 C^2}$ (5) $\frac{1}{2\pi L^2 C^2}$

問 7

図のような RC 交流回路がある。この回路に正弦波交流電圧 E [V] を加えたとき、容量性リアクタンス 6 [Ω] のコンデンサの端子間電圧の大きさは 12 [V] であった。このとき、 E [V] と図の破線で囲んだ回路で消費される電力 P [W] の値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。



	E [V]	P [W]
(1)	20	32
(2)	20	96
(3)	28	120
(4)	28	168
(5)	40	309

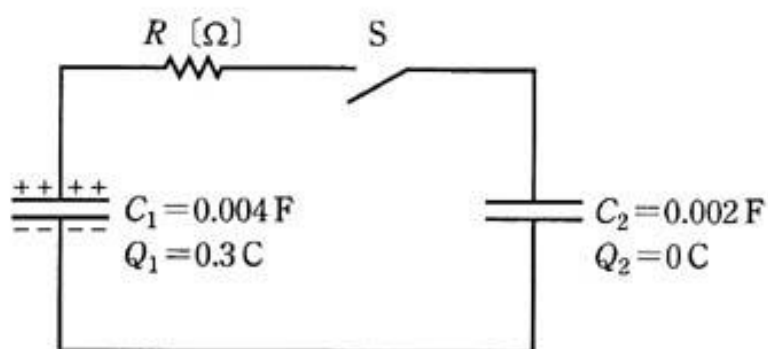
問 8

電気に関する法則の記述として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) オームの法則は、「均一の物質から成る導線の両端の電位差を V とするとき、これに流れる定常電流 I は V に反比例する」という法則である。
- (2) クーロンの法則は、「二つの点電荷の間に働く静電力の大きさは、両電荷の積に反比例し、電荷間の距離の2乗に比例する」という法則である。
- (3) ジュールの法則は「導体内に流れる定常電流によって単位時間中に発生する熱量は、電流の値の2乗と導体の抵抗に反比例する」という法則である。
- (4) フレミングの右手の法則は、「右手の親指・人差し指・中指をそれぞれ直交するように開き、親指を磁界の向き、人差し指を導体が移動する向きに向けると、中指の向きは誘導起電力の向きと一致する」という法則である。
- (5) レンツの法則は、「電磁誘導によってコイルに生じる起電力は、誘導起電力によって生じる電流がコイル内の磁束の変化を妨げる向きとなるように発生する」という法則である。

問 9

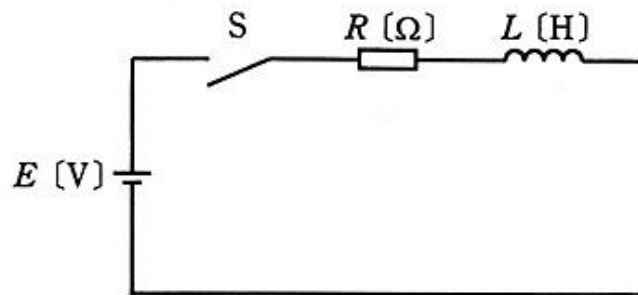
図の回路において、スイッチ S が開いているとき、静電容量 $C_1 = 0.004$ [F] のコンデンサには電荷 $Q_1 = 0.3$ [C] が蓄積されており、静電容量 $C_2 = 0.002$ [F] のコンデンサの電荷は $Q_2 = 0$ [C] である。この状態でスイッチ S を閉じて、それから時間が十分に経過して過渡現象が終了した。この間に抵抗 R [Ω] で消費された電気エネルギー [J] の値として、正しいのは次のうちどれか。



- (1) 2.50 (2) 3.75 (3) 7.50 (4) 11.25 (5) 13.33

問 10

図のように、開いた状態のスイッチ S 、 R [Ω] の抵抗、インダクタンス L [H] のコイル、直流電源 E [V] からなる直列回路がある。この直列回路において、スイッチ S を閉じた直後に過渡現象が起こる。この場合に、「回路に流れる電流」、「抵抗の端子電圧」及び「コイルの端子電圧」に関し、時間の経過にしたがって起こる過渡現象として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

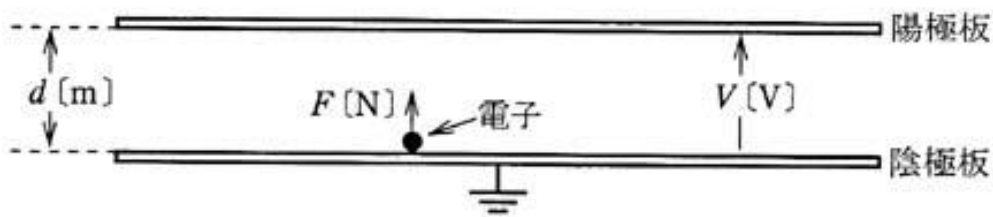


	回路に流れる電流	抵抗の端子電圧	コイルの端子電圧
(1)	大きくなる	低下する	上昇する
(2)	小さくなる	上昇する	低下する
(3)	大きくなる	上昇する	上昇する
(4)	小さくなる	低下する	上昇する
(5)	大きくなる	上昇する	低下する

問 11

図のように、真空中に電極間隔 d [m] の平行板電極があり、陰極板上に電子を置いた。陽極板に電圧 V [V] を加えたとき、この電子に加わる力 F [N] の式として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、電子の質量を m [kg]、電荷の絶対値を e [C] とする。また、電極板の端効果は無視できるものとする。

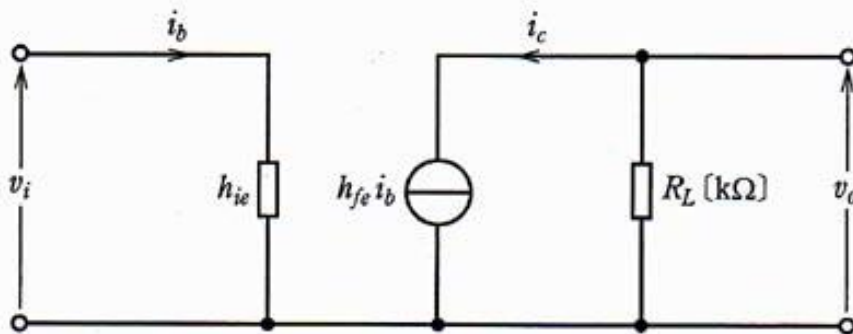


- (1) $\frac{V^2}{d}e$ (2) $\frac{V}{d^2}em$ (3) $\frac{V}{d^2}\frac{m}{e}$ (4) $\frac{V}{d^2}e$ (5) $\frac{V}{d}e$

問 12

図は、エミッタを接地したトランジスタ電圧増幅器の簡易小信号等価回路である。この回路において、電圧増幅度が 120 となるとき、負荷抵抗 R_L [k Ω] の値として、最も近いのは次のうちどれか。

ただし、 v_i を入力電圧、 v_o を出力電圧とし、トランジスタの電流増幅率 $h_{fe} = 140$ 、入力インピーダンス $h_{ie} = 2.30$ [k Ω] とする。



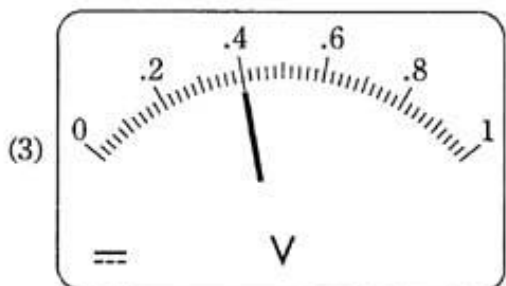
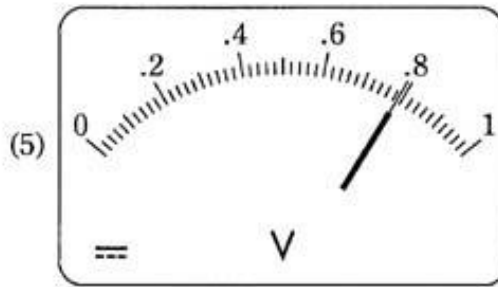
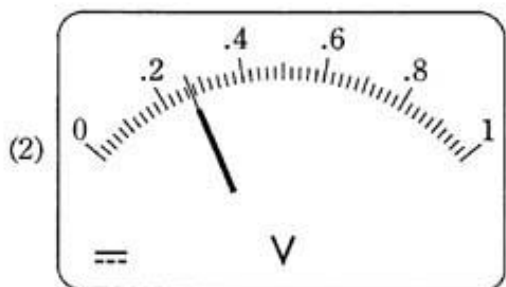
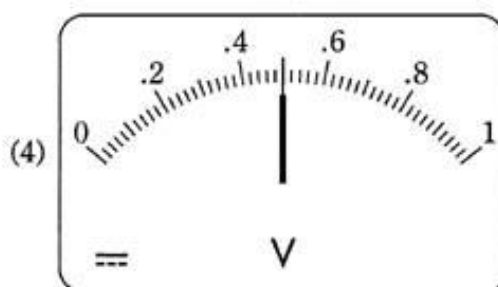
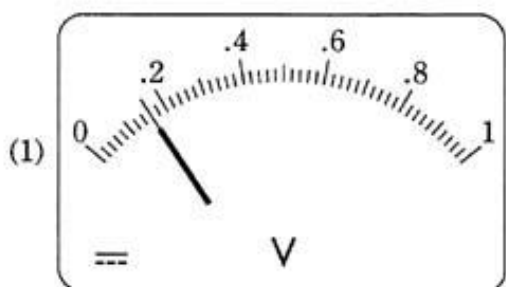
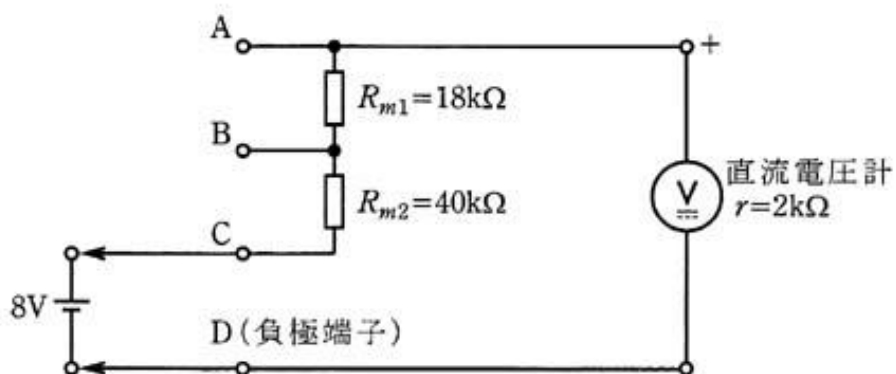
- (1) 0.37 (2) 1.97 (3) 2.68 (4) 5.07 (5) 7.30

問 13

内部抵抗 $r = 2 \text{ [k}\Omega\text{]}$ ，最大目盛 1 [V] の直流電圧計がある。この電圧計に， $R_{m1} = 18 \text{ [k}\Omega\text{]}$ ， $R_{m2} = 40 \text{ [k}\Omega\text{]}$ の抵抗を図のように接続して，測定範囲を拡大した。

図の端子 C，D（負極端子）を用いて直流電圧源の電圧 8 [V] を測定したとき，電圧計の指針の振れを示す図として，最も近いのは次のうちどれか。

ただし，直流電圧源の内部抵抗は無視できるものとする。また，電圧計の目盛は等分目盛とする。



(参考)
直流電圧計の新旧図記号の対比表

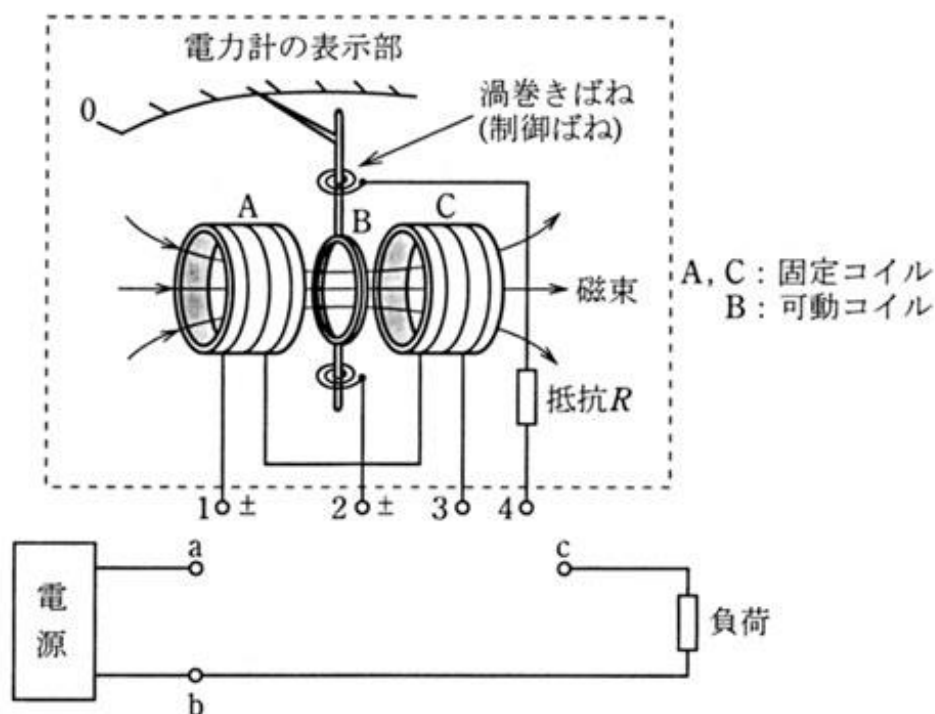
新図記号	旧図記号

問 14

図の破線で囲まれた部分は、固定コイル A 及び C、可動コイル B から構成される (ア) 電力計の原理図で、一般に (イ) の電力の測定に用いられる。

図中の負荷の電力を測定するには各端子間をそれぞれ (ウ) のように配線する必要がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。



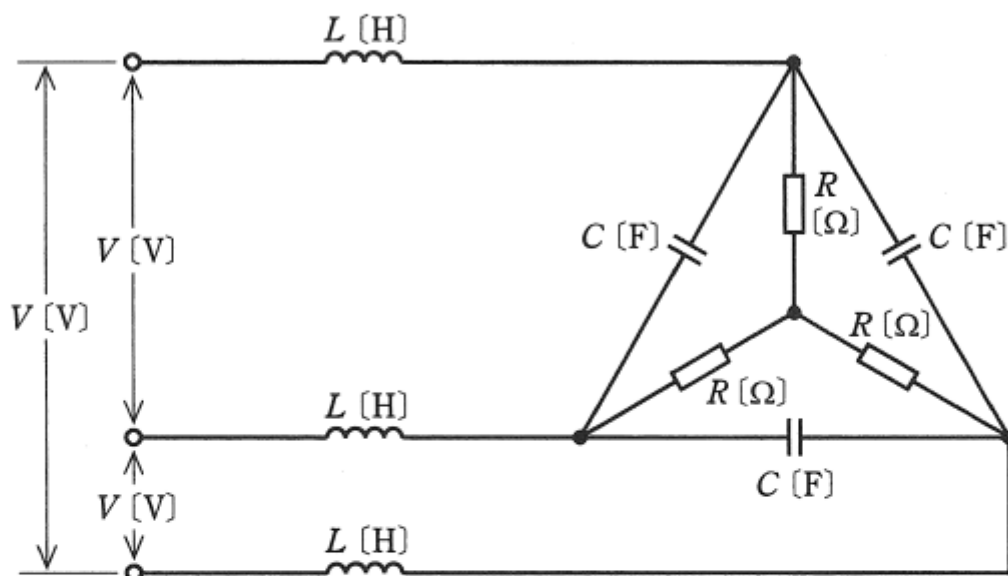
	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	電流力計形	交流及び直流	a と 1, a と 2, b と 4, c と 3
(2)	可動コイル形	交流及び直流	a と 1, a と 4, b と 2, c と 3
(3)	熱電形	高周波	a と 2, b と 3, b と 4, c と 1
(4)	電流力計形	高周波	a と 3, a と 4, c と 1, c と 2
(5)	可動コイル形	商用周波数	a と 1, a と 2, b と 4, c と 3

B 問題(配点は 1 問当たり (a)5 点, (b)5 点, 計 10 点)

問 15

図のように、 R [Ω] の抵抗、静電容量 C [F] のコンデンサ、インダクタンス L [H] のコイルからなる平衡三相負荷に線間電圧 V [V] の対称三相交流電源を接続した回路がある。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、交流電源電圧の角周波数は ω [rad/s] とする。



(a) 三相電源からみた平衡三相負荷の力率が 1 になったとき、インダクタンス L [H] のコイルと静電容量 C [F] のコンデンサの関係を示す式として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

$$(1) L = \frac{3C^2 R^2}{1 + 9(\omega CR)^2}$$

$$(2) L = \frac{3CR^2}{1 + 9(\omega CR)^2}$$

$$(3) L = \frac{3C^2 R}{1 + 9(\omega CR)^2}$$

$$(4) L = \frac{9CR^2}{1 + 9(\omega CR)^2}$$

$$(5) L = \frac{R}{1 + 9(\omega CR)^2}$$

(b) 平衡三相負荷の力率が1になったとき、静電容量 C [F] のコンデンサの端子電圧 [V] の値を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) $\sqrt{3}V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}$

(2) $V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}$

(3) $\frac{V\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}{\sqrt{3}}$

(4) $\frac{\sqrt{3}V}{\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}$

(5) $\frac{V}{\sqrt{1+9(\omega CR)^2}}$

問 16

図 1 のように、抵抗 $R_0 = 16 [\Omega]$ 、インピーダンス $Z [\Omega]$ の誘導性負荷（抵抗 $R [\Omega]$ 、誘導性リアクタンス $X [\Omega]$ ）を直列に接続した交流回路がある。正弦波交流電圧 $\dot{E} = 10\sqrt{3} [\text{V}]$ の電源をこの回路に接続したところ、 R_0 の端子間電圧の大きさ、誘導性負荷の端子間電圧の大きさは、それぞれ $10 [\text{V}]$ であった。次の(a)及び(b)に答えよ。

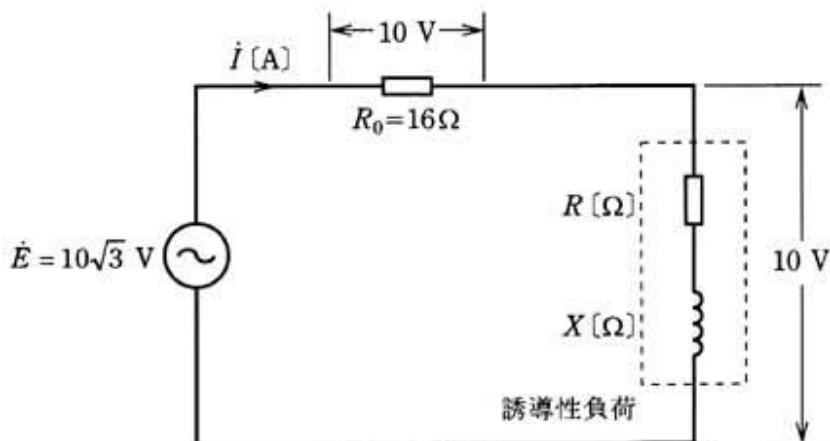


図 1

(a) 回路に流れる電流を $i [\text{A}]$ とすれば、 \dot{E} 、 $R_0 i$ 、 $Z i$ の関係をベクトル図で表すと図 2 のようになる。電流 $i [\text{A}]$ の大きさの値と、電圧 \dot{E} と電流 i の位相差 $\theta [^\circ]$ の値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

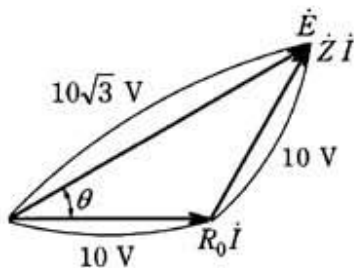


図 2

	電流 $i [\text{A}]$ の大きさ	位相差 $\theta [^\circ]$
(1)	1.73	15
(2)	1.0	30
(3)	1.0	45
(4)	0.625	30
(5)	0.625	45

(b) \dot{E} 、 $(R_0+R)\dot{I}$ 、 $X\dot{I}$ の関係をベクトル図で表すと図3のようになる。これより、 R [Ω] と X [Ω] の値として、最も近いものを組み合わせたのは次のうちどれか。

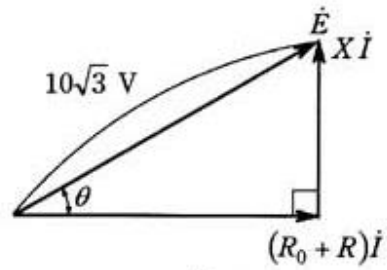


図 3

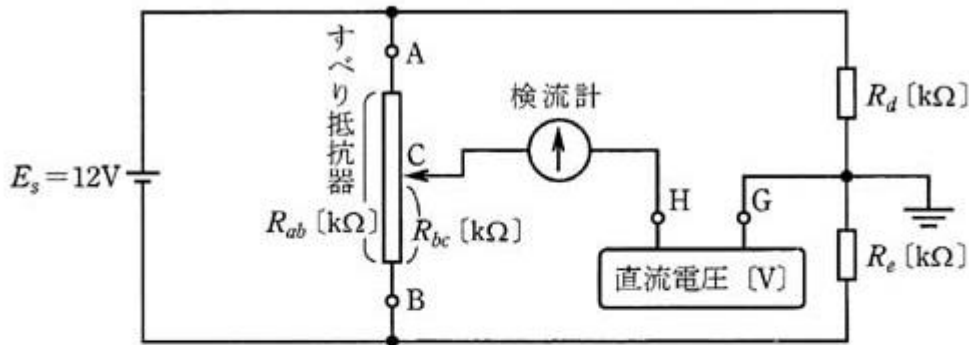
	R [Ω]	X [Ω]
(1)	8	8
(2)	8	13.9
(3)	14	13.9
(4)	14	19.8
(5)	16	50

問 17 及び問 18 は選択問題であり、問 17 又は問 18 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。

問 17

図は、抵抗 R_{ab} [k Ω] のすべり抵抗器、抵抗 R_d [k Ω]、抵抗 R_e [k Ω] と直流電圧 $E_s = 12$ [V] の電源を用いて、端子 H、G 間に接続した未知の直流電圧 [V] を測るための回路である。次の(a)及び(b)に答えよ。



(a) 抵抗 $R_d = 5$ [k Ω]、抵抗 $R_e = 5$ [k Ω] として、直流電圧 3 [V] の電源の正極を端子 H に、負極を端子 G に接続した。すべり抵抗器の接触子 C の位置を調整して検流計の電流を零にしたところ、すべり抵抗器の端子 B と接触子 C 間の抵抗 $R_{bc} = 18$ [k Ω] となった。すべり抵抗器の抵抗 R_{ab} [k Ω] の値として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 18 (2) 24 (3) 36 (4) 42 (5) 50

(b) 次に、直流電圧 3 [V] の電源を取り外し、未知の直流電圧 E_x [V] の電源を端子 H、G 間に接続した。抵抗 $R_d = 2$ [k Ω]、抵抗 $R_e = 22$ [k Ω] としてすべり抵抗器の接触子 C の位置を調整し、すべり抵抗器の端子 B と接触子 C 間の抵抗 $R_{bc} = 12$ [k Ω] としたときに、検流計の電流が零となった。このときの E_x [V] の値として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、端子 G を電位の基準 (0 [V]) とする。

問 18

無線通信で行われるアナログ変調・復調に関する記述について、次の(a)及び(b)に答えよ。

(a) 無線通信で音声や画像などの情報を送る場合、送信側においては、情報を電気信号（信号波）に変換する。次に信号波より 周波数の搬送波に信号波を含ませて得られる信号を送信する。受信側では、搬送波と信号波の二つの成分を含むこの信号から の成分だけを取り出すことによって、音声や画像などの情報を得る。

搬送波に信号波を含ませる操作を変調という。 の搬送波を用いる基本的な変調方式として、振幅変調 (AM)、周波数変調 (FM)、位相変調 (PM) がある。

搬送波を変調して得られる信号からもとの信号波を取り出す操作を復調又は という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	高 い	信号波	のこぎり波	検 波
(2)	低 い	搬送波	正弦波	検 波
(3)	高 い	搬送波	のこぎり波	増 幅
(4)	低 い	信号波	のこぎり波	増 幅
(5)	高 い	信号波	正弦波	検 波

(b) 図 1 は、トランジスタの に信号波の電圧を加えて振幅変調を行う回路の原理図である。図 1 中の v_2 が正弦波の信号電圧とすると、電圧 v_1 の波形は に、 v_2 の波形は に、 v_3 の波形は に示すようになる。図 2 のグラフより振幅変調の変調率を計算すると約 [%] となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる語句又は数値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

ただし、図 2 のそれぞれの電圧波形間の位相関係は無視するものとする。

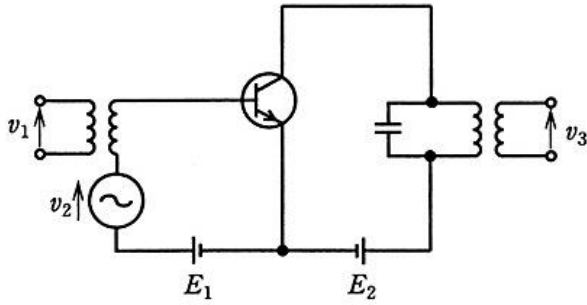


図 1 振幅変調回路の原理図

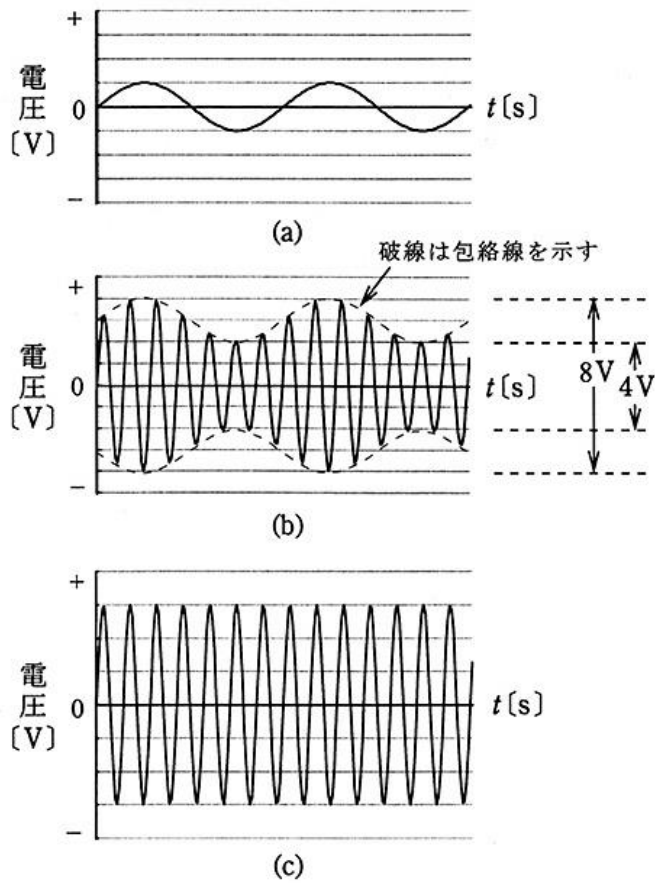


図 2 電圧 v_1 , v_2 , v_3 の波形 (時間軸は同一)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	ベース	図 2(c)	図 2(a)	図 2(b)	33
(2)	コレクタ	図 2(c)	図 2(b)	図 2(a)	67
(3)	ベース	図 2(b)	図 2(a)	図 2(c)	50
(4)	エミッタ	図 2(b)	図 2(c)	図 2(a)	67
(5)	コレクタ	図 2(c)	図 2(a)	図 2(b)	33