

平成 25 年度

第 3 種
理 論

(第 1 時限目)

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：0141A01234Lの場合）

受 験 番 号										
数 字				記号	数 字				記号	
0	1	4	1	A	0	1	2	3	4	L
●				●	●	○	○	○	○	A
①	●	①	●	①	●	①	①	①	①	B
②	②	②	②	②	②	●	②	②	②	C
③	③	③	③	③	③	③	●	③	③	K
④	④	●	④	④	④	④	④	●	●	L
⑤	⑤		⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	M
⑥	⑥		⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	⑥	N
⑦				⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	⑦	
⑧				⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	⑧	
⑨				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. 問題の解答の選択肢は(1)から(5)まであります。その中から一つ選びマークシートの解答欄にマークしてください。

なお、二つ以上マークした場合には、採点されません。

(解答記入例)

問1 日本で一番高い山として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 大雪山 (2) 浅間山 (3) 富士山 (4) 立山 (5) 阿蘇山

正解は「(3)」ですから、マークシートには

問題番号	選択肢番号
1	① ② ● ④ ⑤

のように選択肢番号の枠内を塗りつぶしてください。

6. 選択問題は、いずれか一つの問題を選んで解答してください。

なお、2問とも解答した場合には、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。

A問題 (配点は1問題当たり5点)

問1 極板間が比誘電率 ϵ_r の誘電体で満たされている平行平板コンデンサに一定の直流電圧が加えられている。このコンデンサに関する記述 a ~ e として、誤っているものの組合せを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

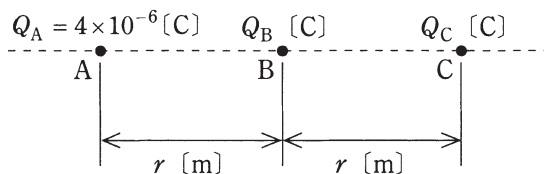
ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- a. 極板間の電界分布は ϵ_r に依存する。
- b. 極板間の電位分布は ϵ_r に依存する。
- c. 極板間の静電容量は ϵ_r に依存する。
- d. 極板間に蓄えられる静電エネルギーは ϵ_r に依存する。
- e. 極板上の電荷 (電気量) は ϵ_r に依存する。

- (1) a, b
- (2) a, e
- (3) b, c
- (4) a, b, d
- (5) c, d, e

問2 図のように、真空中の直線上に間隔 r [m] を隔てて、点 A, B, C があり、各点に電気量 $Q_A = 4 \times 10^{-6}$ [C], Q_B [C], Q_C [C] の点電荷を置いた。これら三つの点電荷に働く力がそれぞれ零になった。このとき、 Q_B [C] 及び Q_C [C] の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。



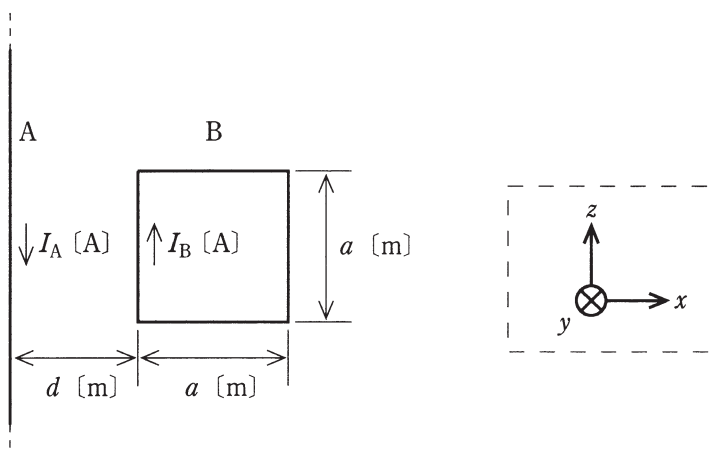
	Q_B	Q_C
(1)	1×10^{-6}	-4×10^{-6}
(2)	-2×10^{-6}	8×10^{-6}
(3)	-1×10^{-6}	4×10^{-6}
(4)	0	-1×10^{-6}
(5)	-4×10^{-6}	1×10^{-6}

問3 磁界及び磁束に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1 [m] 当たりの巻数が N の無限に長いソレノイドに電流 I [A] を流すと、ソレノイドの内部には磁界 $H = NI$ [A/m] が生じる。磁界の大きさは、ソレノイドの寸法や内部に存在する物質の種類に影響されない。
- (2) 均一磁界中において、磁界の方向と直角に置かれた直線状導体に直流電流を流すと、導体には電流の大きさに比例した力が働く。
- (3) 2 本の平行な直線状導体に反対向きの電流を流すと、導体には導体間距離の2乗に反比例した反発力が働く。
- (4) フレミングの左手の法則では、親指の向きが導体に働く力の向きを示す。
- (5) 磁気回路において、透磁率は電気回路の導電率に、磁束は電気回路の電流にそれぞれ対応する。

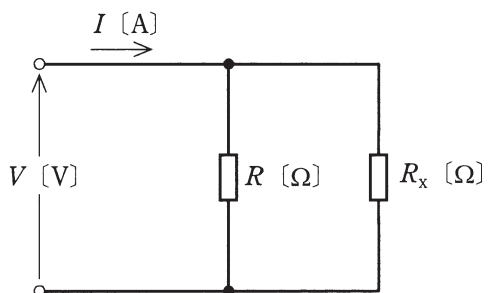
問4 図のように、透磁率 μ_0 [H/m] の真空中に無限に長い直線状導体 A と 1 辺 a [m] の正方形のループ状導体 B が距離 d [m] を隔てて置かれている。A と B は xz 平面上にあり、A は z 軸と平行、B の各辺は x 軸又は z 軸と平行である。A、B には直流電流 I_A [A]、 I_B [A] が、それぞれ図示する方向に流れている。このとき、B に加わる電磁力として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

なお、 xyz 座標の定義は、破線の枠内の図で示したとおりとする。



- (1) 0 [N] つまり電磁力は生じない
- (2) $\frac{\mu_0 I_A I_B a^2}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $+x$ 方向の力
- (3) $\frac{\mu_0 I_A I_B a^2}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $-x$ 方向の力
- (4) $\frac{\mu_0 I_A I_B a(a+2d)}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $+x$ 方向の力
- (5) $\frac{\mu_0 I_A I_B a(a+2d)}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $-x$ 方向の力

問5 図のように、抵抗 R [Ω] と抵抗 R_x [Ω] を並列に接続した回路がある。
 この回路に直流電圧 V [V] を加えたところ、電流 I [A] が流れた。 R_x [Ω]
 の値を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) $\frac{V}{I} + R$

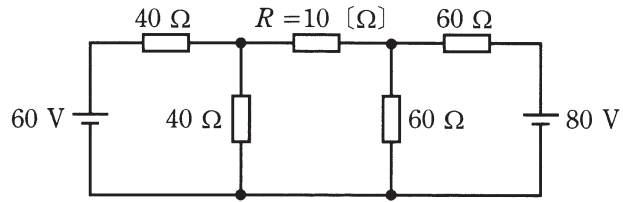
(2) $\frac{V}{I} - R$

(3) $\frac{R}{\frac{IR}{V} - V}$

(4) $\frac{\frac{V}{I}}{V - R}$

(5) $\frac{VR}{IR - V}$

問6 図の直流回路において、抵抗 $R = 10$ $[\Omega]$ で消費される電力 $[\text{W}]$ の値として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

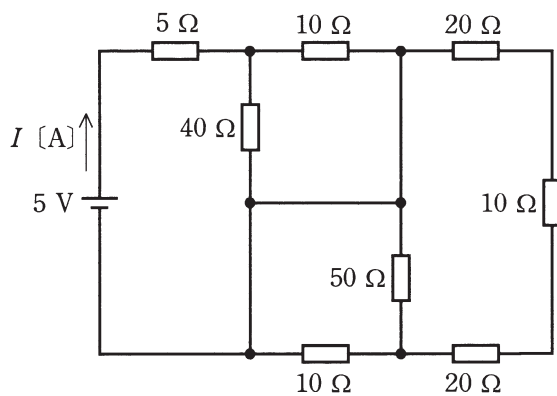


- (1) 0.28 (2) 1.89 (3) 3.79 (4) 5.36 (5) 7.62

問7 4 $[\Omega]$ の抵抗と静電容量が C $[\text{F}]$ のコンデンサを直列に接続した RC 回路がある。この RC 回路に、周波数 50 $[\text{Hz}]$ の交流電圧 100 $[\text{V}]$ の電源を接続したところ、 20 $[\text{A}]$ の電流が流れた。では、この RC 回路に、周波数 60 $[\text{Hz}]$ の交流電圧 100 $[\text{V}]$ の電源を接続したとき、 RC 回路に流れる電流 $[\text{A}]$ の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 16.7 (2) 18.6 (3) 21.2 (4) 24.0 (5) 25.6

問8 図に示すような抵抗の直並列回路がある。この回路に直流電圧5[V]を加えたとき、電源から流れ出る電流 I [A] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 0.2 (2) 0.4 (3) 0.6 (4) 0.8 (5) 1.0

問9 図1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] のコンデンサからなる並列回路がある。この回路に角周波数 ω [rad/s] の交流電圧 v [V] を加えたところ、この回路に流れる電流は i [A] であった。電圧 v [V] 及び電流 i [A] のベクトルをそれぞれ電圧 \dot{V} [V] と電流 \dot{I} [A] とした場合、両ベクトルの関係を示す図2 (ア, イ, ウ) 及び v [V] と i [A] の時間 t [s] の経過による変化を示す図3 (エ, オ, カ) の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、 $R \gg \omega L$ 及び $\omega L = \frac{2}{\omega C}$ とし、一切の過渡現象は無視するものとする。

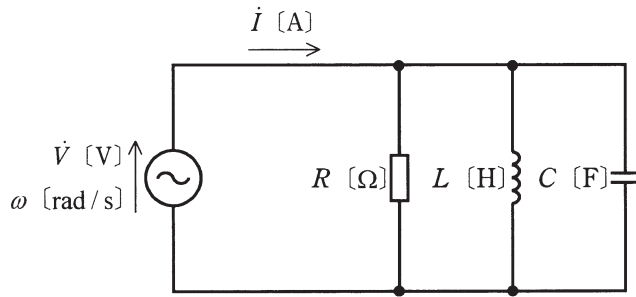


図1

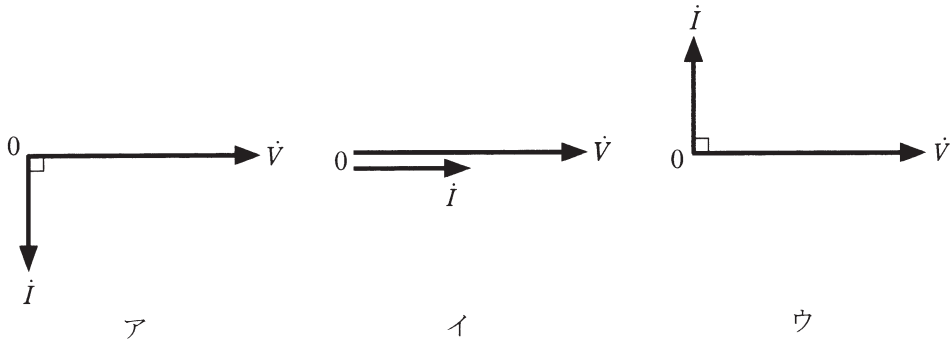
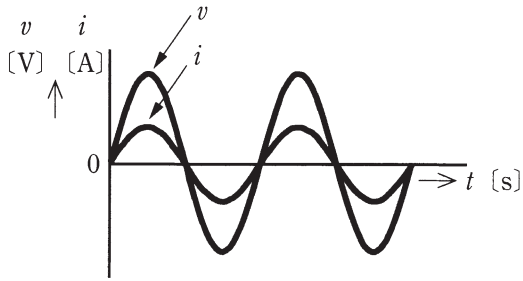
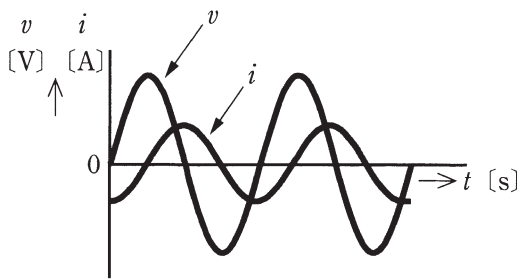


図2

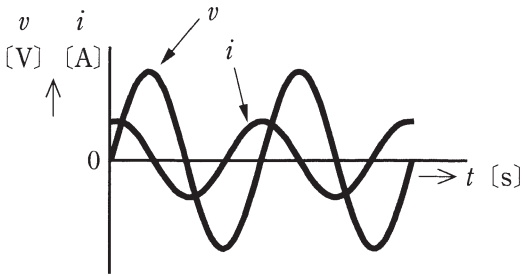
(選択肢は右側に記載)



エ



オ

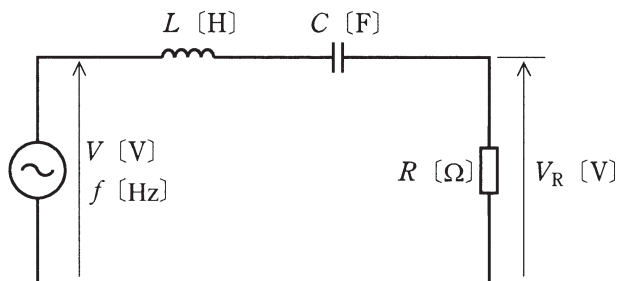


カ

図 3

	図 2	図 3
(1)	ア	オ
(2)	ア	カ
(3)	イ	エ
(4)	ウ	オ
(5)	ウ	カ

問10 図は、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、並びに R [Ω] の抵抗の直列回路に、周波数が f [Hz] で実効値が $V(\neq 0)$ [V] である電源電圧を与えた回路を示している。この回路において、抵抗の端子間電圧の実効値 V_R [V] が零となる周波数 f [Hz] の条件を全て列挙したものととして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 題意を満たす周波数はない

(2) $f = 0$

(3) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

(4) $f = 0, f \rightarrow \infty$

(5) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, f \rightarrow \infty$

問11 次の文章は、不純物半導体に関する記述である。

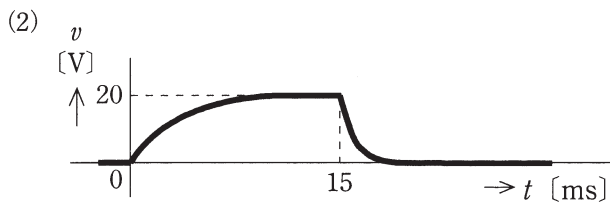
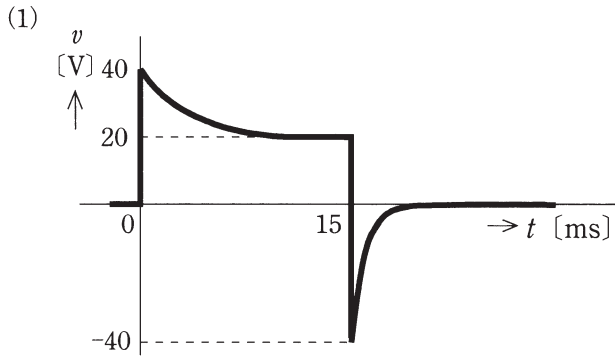
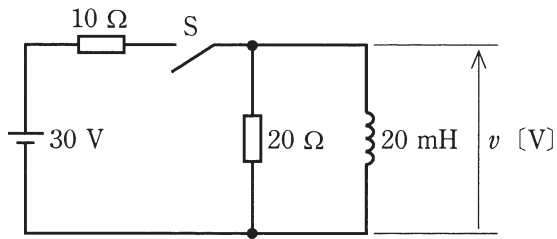
極めて高い純度に精製されたケイ素(Si)の真性半導体に、微量のリン(P)、ヒ素(As)などの 価の元素を不純物として加えたものを 形半導体といい、このとき加えた不純物を という。

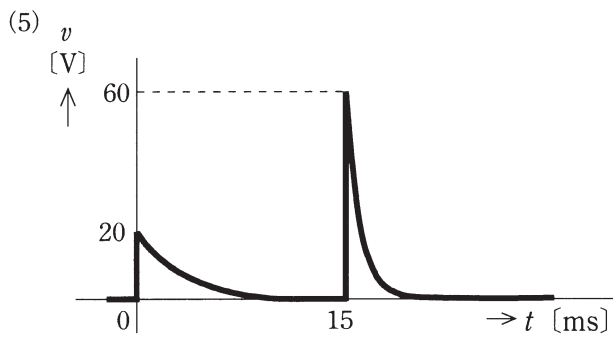
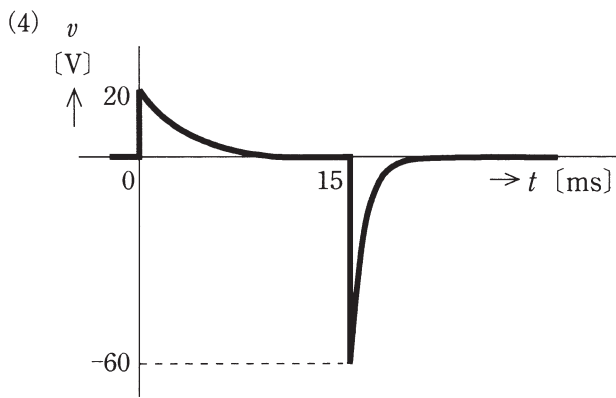
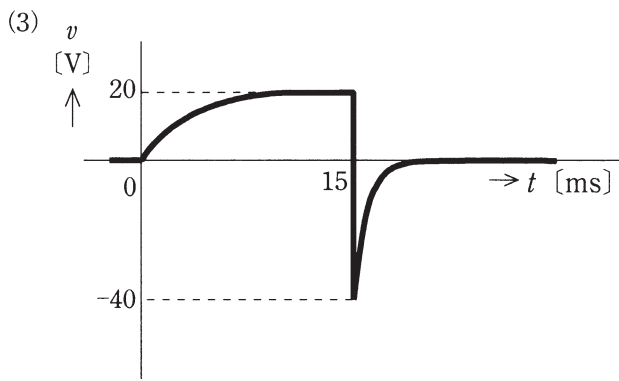
ただし、Si, P, As の原子番号は、それぞれ 14, 15, 33 である。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	5	p	アクセプタ
(2)	3	n	ドナー
(3)	3	p	アクセプタ
(4)	5	n	アクセプタ
(5)	5	n	ドナー

問12 図の回路において、十分に長い時間開いていたスイッチ S を時刻 $t=0$ [ms] から時刻 $t=15$ [ms] の間だけ閉じた。このとき、インダクタンス 20 [mH] のコイルの端子間電圧 v [V] の時間変化を示す図として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。





問13 バイポーラトランジスタを用いた交流小信号増幅回路に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) エミッタ接地増幅回路における電流帰還バイアス方式は、エミッタと接地との間に抵抗を挿入するので、自己バイアス方式に比べて温度変化に対する動作点の安定性がよい。
- (2) エミッタ接地増幅回路では、出力交流電圧の位相は入力交流電圧の位相に対して逆位相となる。
- (3) コレクタ接地増幅回路は、電圧増幅度がほぼ 1 で、入力インピーダンスが大きく、出力インピーダンスが小さい。エミッタホロワ増幅回路とも呼ばれる。
- (4) ベース接地増幅回路は、電流増幅度がほぼ 1 である。
- (5) CR 結合増幅回路では、周波数の低い領域と高い領域とで信号増幅度が低下する。中域からの増幅度低下が 6 [dB] 以内となる周波数領域をその回路の帯域幅という。

問14 デジタル計器に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) デジタル交流電圧計には、測定入力端子に加えられた交流電圧が、入力変換回路で直流電圧に変換され、次のA-D変換回路でデジタル信号に変換される方式のものがある。
- (2) デジタル計器では、測定量をデジタル信号で取り出すことができる特徴を生かし、コンピュータに接続して測定結果をコンピュータに入力できるものがある。
- (3) デジタルマルチメータは、スイッチを切り換えることで電圧、電流、抵抗などを測ることができる多機能測定器である。
- (4) デジタル周波数計には、測定対象の波形をパルス列に変換し、一定時間のパルス数を計数して周波数を表示する方式のものがある。
- (5) デジタル直流電圧計は、アナログ指示計器より入力抵抗が低いので、測定したい回路から計器に流れ込む電流は指示計器に比べて大きくなる。

B問題 (配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図1のように, 周波数 50 [Hz], 電圧 200 [V] の対称三相交流電源に, インダクタンス 7.96 [mH] のコイルと 6 [Ω] の抵抗からなる平衡三相負荷を接続した交流回路がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 図1において, 三相負荷が消費する有効電力 P [W] の値として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1890 (2) 3280 (3) 4020 (4) 5680 (5) 9840

(b) 図2のように, 静電容量 C [F] のコンデンサを Δ 結線し, その端子 a' , b' 及び c' をそれぞれ図1の端子 a , b 及び c に接続した。その結果, 三相交流電源からみた負荷の力率が1になった。静電容量 C [F] の値として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 6.28×10^{-5} (2) 8.88×10^{-5} (3) 1.08×10^{-4}
(4) 1.26×10^{-4} (5) 1.88×10^{-4}

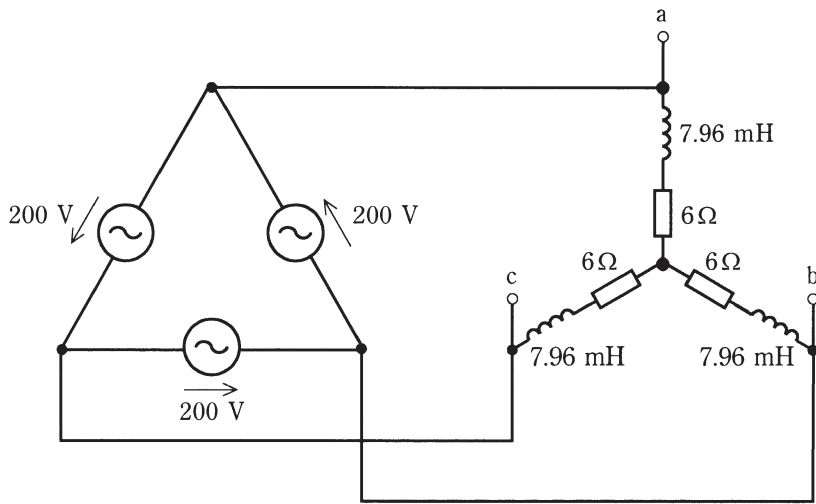


图 1

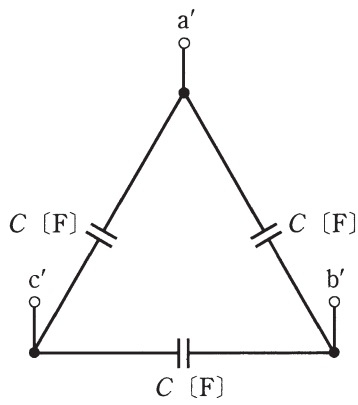
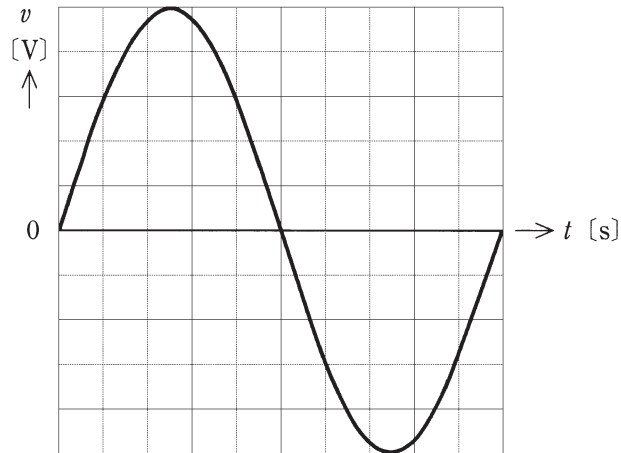


图 2

問16 振幅 V_m [V] の交流電源の電圧 $v = V_m \sin \omega t$ [V] をオシロスコープで計測したところ、画面上に図のような正弦波形が観測された。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、オシロスコープの垂直感度は 5 [V]/div, 掃引時間は 2 [ms]/div とし、測定に用いたプローブの減衰比は 1 対 1 とする。



(a) この交流電源の電圧の周期 [ms], 周波数 [Hz], 実効値 [V] の値の組合せとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	周期	周波数	実効値
(1)	20	50	15.9
(2)	10	100	25.0
(3)	20	50	17.7
(4)	10	100	17.7
(5)	20	50	25.0

(b) この交流電源をある負荷に接続したとき、 $i = 25 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$ [A] の電流が流れた。この負荷の力率 [%] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 50 (2) 60 (3) 70.7 (4) 86.6 (5) 100

問17及び問18は選択問題です。問17又は問18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17 空気中に半径 r [m] の金属球がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、 $r=0.01$ [m]，真空の誘電率を $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ [F/m]，空気の比誘電率を 1.0 とする。

(a) この金属球が電荷 Q [C] を帯びたときの金属球表面における電界の強さ [V/m] 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。

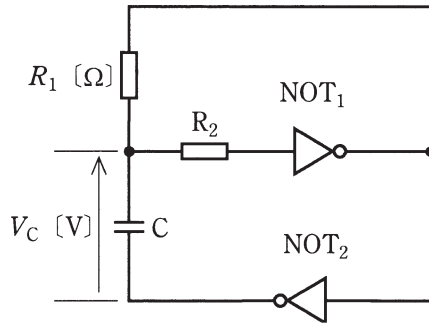
(1) $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ (2) $\frac{3Q}{4\pi\epsilon_0 r^3}$ (3) $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$ (4) $\frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 r}$ (5) $\frac{Q^2}{2\pi\epsilon_0 r^2}$

(b) この金属球が帯びることのできる電荷 Q [C] の大きさには上限がある。
空気の絶縁破壊の強さを 3×10^6 [V/m] として、金属球表面における電界の強さが空気の絶縁破壊の強さと等しくなるような Q [C] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 2.1×10^{-10} (2) 2.7×10^{-9} (3) 3.3×10^{-8}
(4) 2.7×10^{-7} (5) 3.3×10^{-6}

(選択問題)

問18 図は、NOT IC、コンデンサ C 及び抵抗を用いた非安定マルチバイブレータの原理図である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) この回路に関する三つの記述(ア)～(ウ)について、正誤の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(ア) この回路は電源を必要としない。

(イ) 抵抗 R_1 [Ω] の値を大きくすると、発振周波数は高くなる。

(ウ) 抵抗器 R_2 は、NOT₁ に流れる入力電流を制限するための素子である。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	正	正	正
(2)	正	正	誤
(3)	正	誤	誤
(4)	誤	正	誤
(5)	誤	誤	正

(b) 次の波形の中で、コンデンサ C の端子間電圧 V_C [V] の時間 t [s] の経過による変化の特徴を最もよく示している図として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、いずれの図も 1 周期分のみを示している。

