

令和 7 年度 下期

第 3 種
理 論

(第 1 時限目)

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. 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. 問17と問18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。)

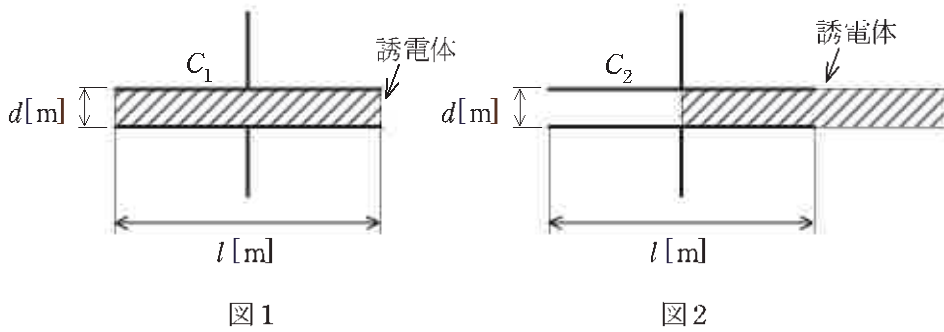
次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題(配点は1問題当たり5点)

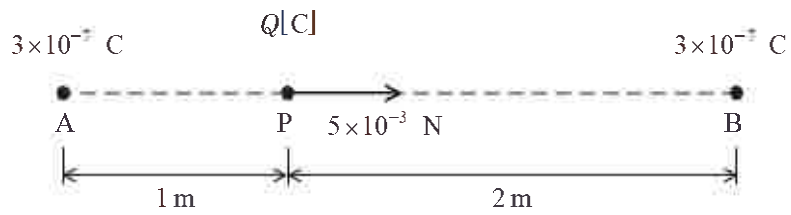
問1 真空中において、一辺 l [m] の正方形電極を間隔 d [m] で配置した平行板コンデンサがある。図1はこのコンデンサの電極板間に比誘電率 $\epsilon_r = 5$ の誘電体を挿入した状態、図2は図1の誘電体を電極面積の $\frac{1}{2}$ だけ引き出した状態を示している。図1及び図2の二つのコンデンサの静電容量 C_1 [F] 及び C_2 [F] の比 ($C_1 : C_2$) として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、 $l \gg d$ であり、コンデンサの端効果は無視できるものとする。



- (1) 2 : 1 (2) 3 : 2 (3) 5 : 2 (4) 5 : 3 (5) 5 : 4

問2 図のように、真空中の3 m 離れた2点 A, B にそれぞれ 3×10^{-7} C の正の点電荷がある。A 点と B 点とを結ぶ線分上の A 点から 1 m 離れた P 点に Q [C] の正の点電荷を置いたとき、その点電荷に B 点の方向に 5×10^{-3} N の力が働いた。この点電荷 Q の値 [C] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。
 ただし、真空中の誘電率を $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m とする。



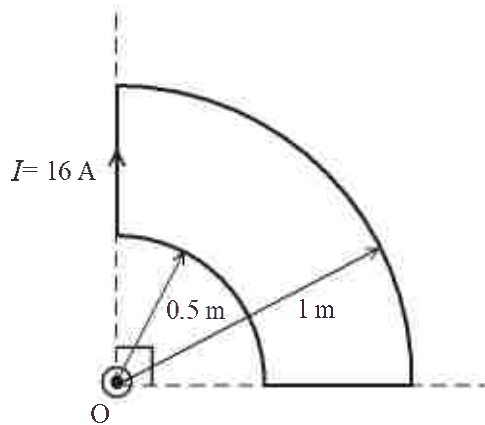
- (1) 1.2×10^{-9} (2) 1.8×10^{-8} (3) 2.5×10^{-6} (4) 4.4×10^{-5} (5) 7.3×10^{-5}

問3 巻数 1000 のコイルに直流電流 0.2 A を流したとき、 6×10^{-4} Wb の磁束を発生した。この場合、コイルの自己インダクタンス [H] 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。ただし、コイルの漏れ磁束は無視できるものとする。

- (1) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4 (5) 5

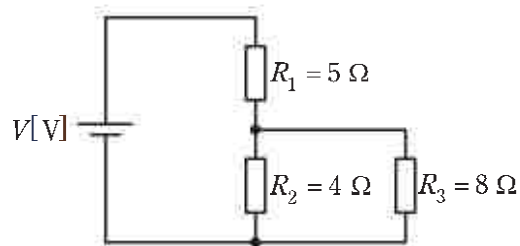
問4 図のように、点Oを中心とするそれぞれ半径0.5mと半径1mの円形導線の $\frac{1}{4}$ と、それらを連結する直線状の導線からなる扇形導線がある。この導線に、図に示す向きに直流電流 $I=16\text{A}$ を流した場合、点Oにおける磁界の大きさ H の値[A/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、扇形導線は同一平面上にあり、その巻数は一巻きである。また、導線の太さは無視できるものとする。



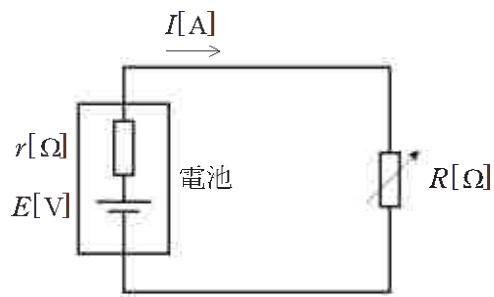
- (1) 0.25 (2) 0.5 (3) 0.75 (4) 1.0 (5) 2.0

問5 図のように、三つの抵抗 $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 4 \Omega$, $R_3 = 8 \Omega$ と電圧 $V[V]$ の直流電源からなる回路がある。抵抗 R_1 , R_2 , R_3 の消費電力をそれぞれ $P_1 [W]$, $P_2 [W]$, $P_3 [W]$ とするとき、その大きさの大きい順として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $P_1 > P_2 > P_3$ (2) $P_1 > P_3 > P_2$ (3) $P_2 > P_1 > P_3$
 (4) $P_2 > P_3 > P_1$ (5) $P_3 > P_1 > P_2$

問6 図のように、内部抵抗 $r[\Omega]$ 、起電力 $E[V]$ の電池に抵抗値 $R[\Omega]$ の可変抵抗器を接続した回路がある。 $R=2.25\Omega$ にしたとき、回路を流れる電流は $I=3\text{A}$ であった。次に、 $R=3.45\Omega$ にしたとき、回路を流れる電流は $I=2\text{A}$ となった。この電池の起電力 $E[V]$ 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。

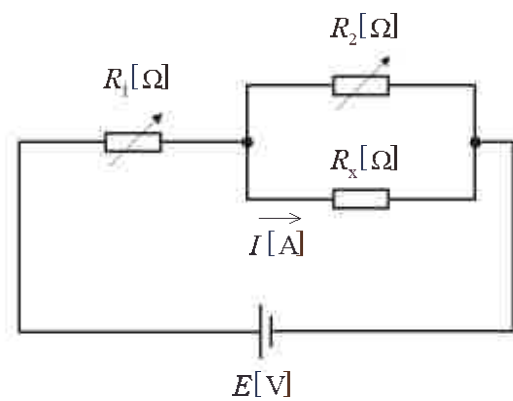


- (1) 9.30 (2) 7.20 (3) 7.05 (4) 6.90 (5) 6.75

問7 図のように、可変抵抗 R_1 [Ω]、 R_2 [Ω]、抵抗 R_x [Ω]、電源 E [V] からなる直
流回路がある。次に示す条件 1 のときの R_x [Ω] に流れる電流 I の値 [A] と条件 2
のときの電流 I の値 [A] は等しくなった。このとき、 R_x の値 [Ω] として、最も近
いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

条件 1 : $R_1 = 90 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$

条件 2 : $R_1 = 70 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$



- (1) 1.5 (2) 2.4 (3) 4.0 (4) 8.5 (5) 11.6

問8 図のように、 $R_1=20\ \Omega$ と $R_2=30\ \Omega$ の抵抗、静電容量 $C=\frac{1}{100\pi}$ [F]のコンデン

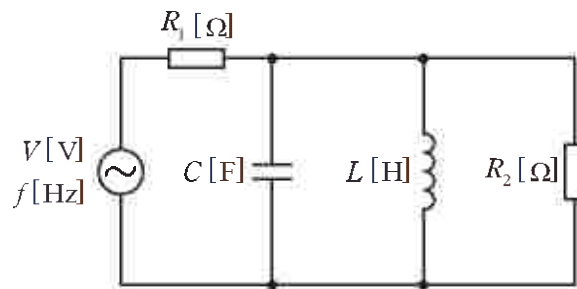
サ、インダクタンス $L=\frac{1}{4\pi}$ [H]のコイルからなる回路に周波数 f [Hz]で実効値

V [V]が一定の交流電圧を加えた。 $f=10\ \text{Hz}$ のときに R_1 を流れる電流の大きさを

$I_{10\text{Hz}}$ [A]、 $f=10\ \text{MHz}$ のときに R_1 を流れる電流の大きさを $I_{10\text{MHz}}$ [A]とする。こ

のとき、電流比 $\frac{I_{10\text{Hz}}}{I_{10\text{MHz}}}$ 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) 2.5

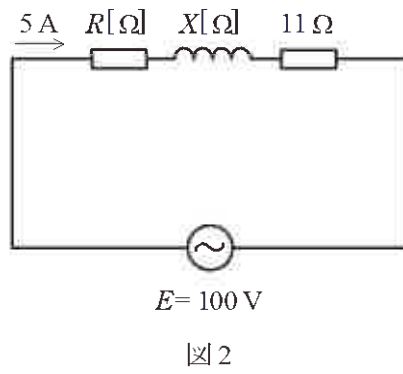
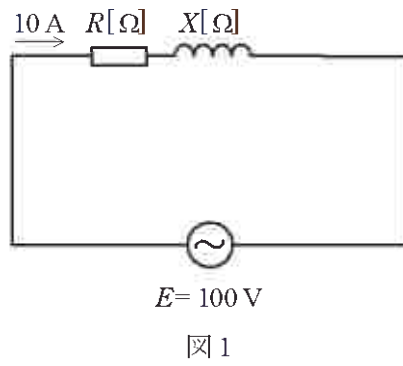
(2) 1.7

(3) 1.0

(4) 0.6

(5) 0.4

問9 図1のような抵抗 R [Ω]と誘導性リアクタンス X [Ω]との直列回路がある。この回路に正弦波交流電圧 $E=100$ V を加えたとき、回路に流れる電流は 10 A であった。この回路に図2のように、更に抵抗 11 Ω を直列接続したところ、回路に流れる電流は 5 A になった。抵抗 R [Ω]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) 5.5

3) 11.4

4) 8.6

5) 8.1

問 10 開放電圧が V [V] で出力抵抗が十分に低い直流電圧源と、インダクタンスが L [H] のコイルが与えられ、抵抗 R [Ω] が図 1 のようにスイッチ S を介して接続されている。時刻 $t=0$ でスイッチ S を閉じ、コイルの電流 i_L [A] の時間に対する変化を計測して、波形として表す。 $R=1\ \Omega$ としたところ、波形が図 2 であったとする。 $R=2\ \Omega$ であればどのような波形となるか、波形の変化を最も適切に表すものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、選択肢の図中の点線は図 2 と同じ波形を表し、実線は $R=2\ \Omega$ のときの波形を表している。

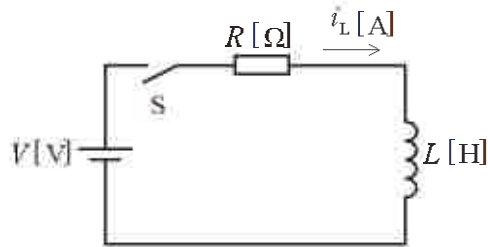


図 1

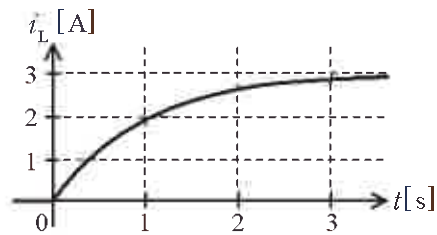
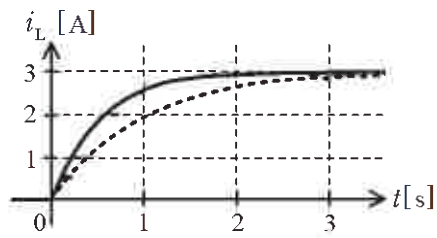
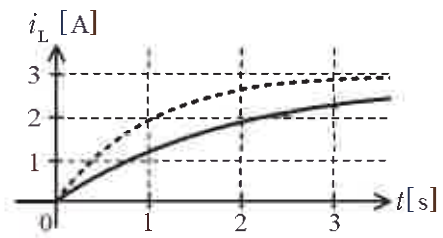


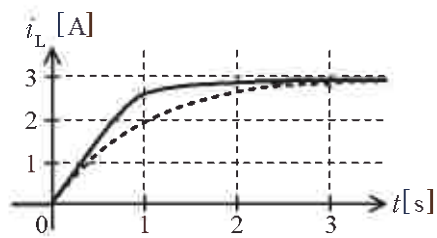
図 2



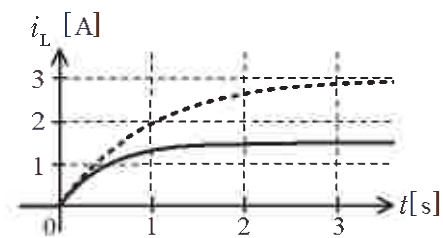
(1)



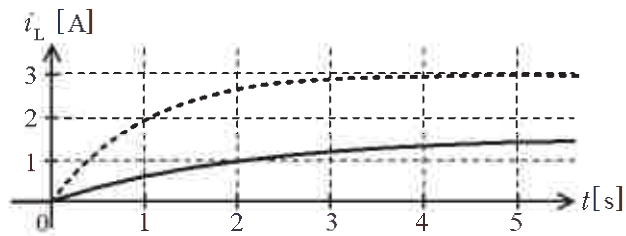
(2)



(3)



(4)



(5)

問 11 次の文章は、それぞれのダイオードについて述べたものである。

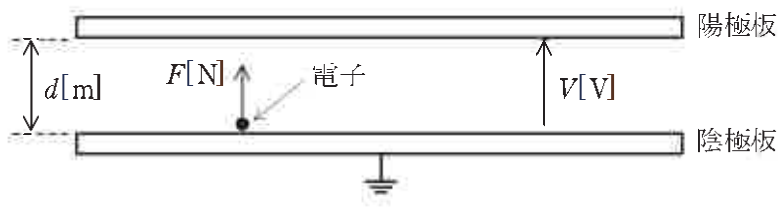
- a. 可変容量ダイオードは、通信機器の同調回路などに用いられる。このダイオードは、pn 接合に (ア) 電圧を加えて使用するものである。
- b. pn 接合に (イ) 電圧を加え、その値を大きくしていくと、降伏現象が起きる。この降伏電圧付近では、流れる電流が変化しても接合両端の電圧はほぼ一定に保たれる。定電圧ダイオードは、この性質を利用して所定の定電圧を得るようにつくられたダイオードである。
- c. レーザダイオードは光通信や光情報機器の光源として利用され、pn 接合に (ウ) 電圧を加えて使用するものである。

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

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	順方向	順方向	逆方向
(2)	逆方向	逆方向	順方向
(3)	逆方向	順方向	逆方向
(4)	順方向	逆方向	順方向
(5)	逆方向	逆方向	逆方向

問 12 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]、電気素量を 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。

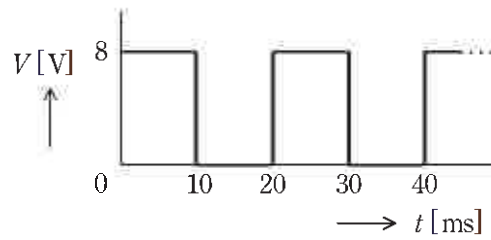


- (1) $\frac{V}{d}e$ (2) $\frac{V}{d^2}e$ (3) $\frac{V}{d^2}\frac{m}{e}$ (4) $\frac{V}{d^2}em$ (5) $\frac{V^2}{d}e$

問 13 水晶振動子と水晶発振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) 水晶振動子は、水晶片を二つの電極で挟んだ素子である。
- (2) 水晶振動子の電気的な等価回路には、直列共振周波数と並列共振周波数の差が非常に小さいという特徴がある。
- (3) 水晶発振回路は、LC 発振回路のコンデンサを水晶振動子に置き換えたものである。
- (4) 水晶発振回路は、LC 発振回路と比較して周波数変動が非常に小さい。
- (5) 水晶発振回路を用いた周波数シンセサイザは、無線送信機の周波数源として利用されている。

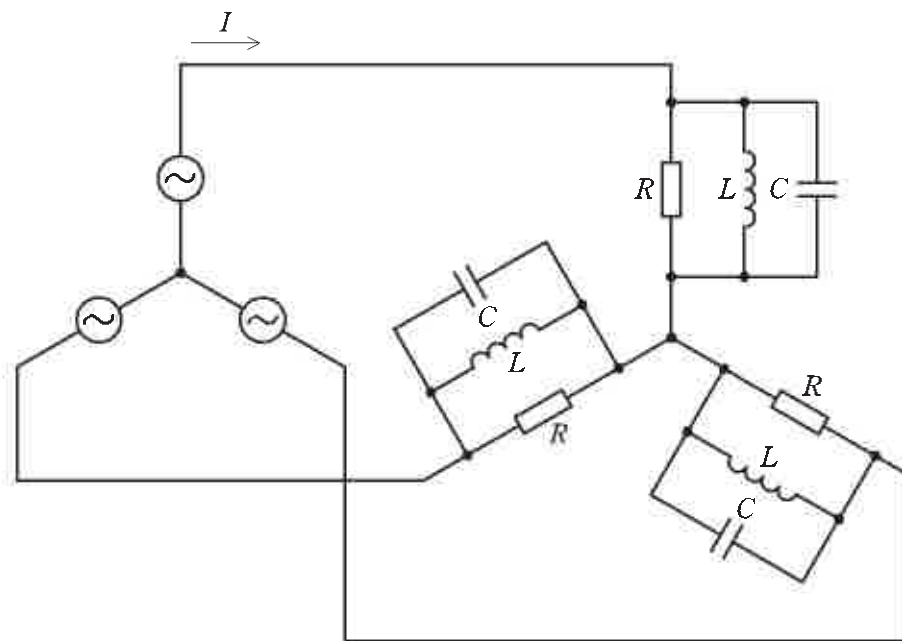
問 14 目盛が正弦波交流に対する実効値になる整流形の電圧計 (全波整流形)がある。この電圧計で図のような周期 20 ms の繰り返し波形電圧を測定した。このとき、電圧計の指針の値 [V]として、最も近いものを次の (1)~ (5)のうちから一つ選べ。



- (1) 5.66 (2) 5.14 (3) 4.62 (4) 4.44 (5) 4.00

B問題 (配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図のように線間電圧200V, 周波数50Hzの対称三相交流電源にRLC負荷が接続されている。 $R=10\Omega$, 電源角周波数を ω [rad/s]として, $\omega L=20\Omega$, $\frac{1}{\omega C}=20\Omega$ である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 電源電流 I の値[A]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 5.77 (2) 7.00 (3) 11.5 (4) 14.0 (5) 22.5

(b) 三相負荷の有効電力 P の値[kW]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 2.6 (2) 1.3 (3) 4.0 (4) 3.5 (5) 12

問 16 図の直流回路において、次の **㉑**)及び **㉒**)に答えよ。

ただし、電源電圧 E [V] の値は一定で変化しないものとする。

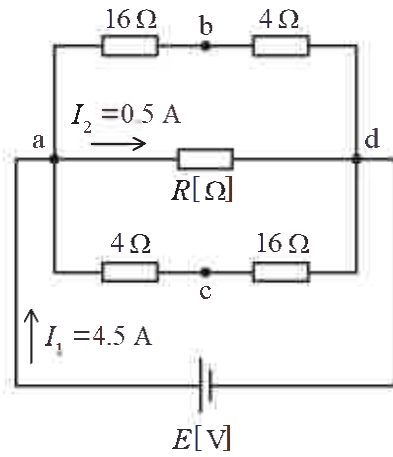


図1

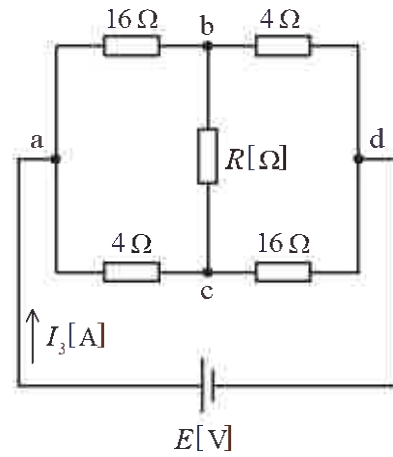


図2

㉑) 図1のように抵抗 R [Ω] を端子 a, d 間に接続したとき, $I_1 = 4.5$ A, $I_2 = 0.5$ A の電流が流れた。抵抗 R の値 [Ω] として, 正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 180 (2) 160 (3) 80 (4) 40 (5) 20

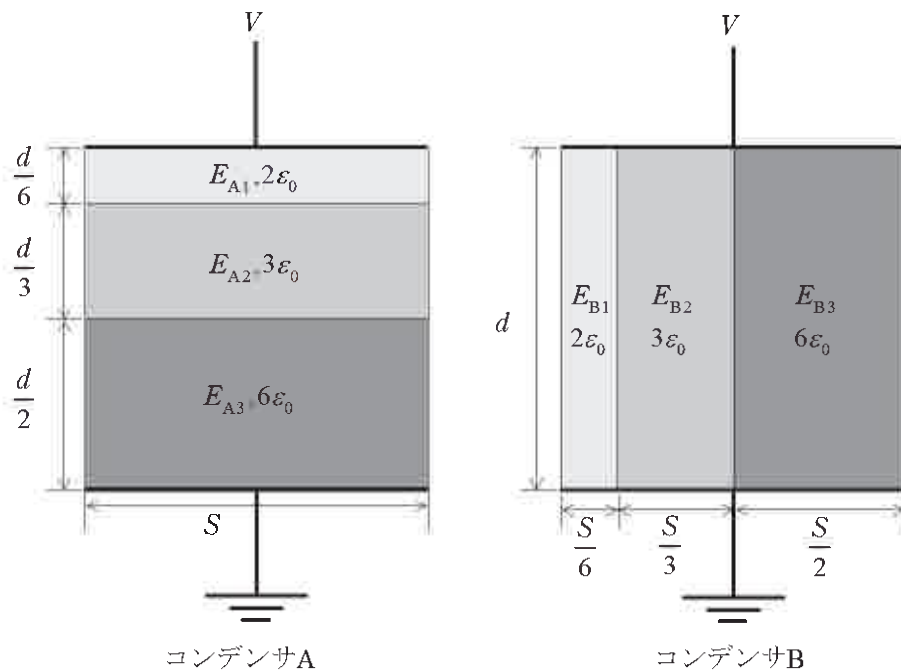
㉒) 図1の抵抗 R [Ω] を図2のように端子 b, c 間に接続し直したとき, 回路に流れる電流 I_3 の値 [A] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 5.5 (2) 4.8 (3) 4.5 (4) 4.2 (5) 4.0

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。

(選択問題)

問 17 図のように、極板間の厚さ d [m]、表面積 S [m²] の平行板コンデンサ A と B
がある。コンデンサ A の内部は、比誘電率と厚さが異なる 3 種類の誘電体で構成
され、極板と各誘電体の水平方向の断面積は同一である。コンデンサ B の内部は、
比誘電率と水平方向の断面積が異なる 3 種類の誘電体で構成されている。コン
デンサ A の各誘電体内部の電界の強さをそれぞれ E_{A1} 、 E_{A2} 、 E_{A3} 、コンデンサ
B の各誘電体内部の電界の強さをそれぞれ E_{B1} 、 E_{B2} 、 E_{B3} とし、端効果、初期電
荷及び漏れ電流は無視できるものとする。また、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。
両コンデンサの上側の極板に電圧 V [V] の直流電源を接続し、下側の極板を接地
した。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。



(a) コンデンサ A における各誘電体内部の電界の強さの大小関係とその中の最大値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) $E_{A1} < E_{A2} < E_{A3}$, $\frac{3V}{5d}$

(2) $E_{A1} > E_{A2} > E_{A3}$, $\frac{3V}{5d}$

(3) $E_{A1} = E_{A2} = E_{A3}$, $\frac{V}{d}$

(4) $E_{A1} < E_{A2} < E_{A3}$, $\frac{9V}{5d}$

(5) $E_{A1} > E_{A2} > E_{A3}$, $\frac{9V}{5d}$

(b) コンデンサ B 全体の蓄積エネルギーは、コンデンサ A 全体の蓄積エネルギーの何倍か、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.72 (2) 0.83 (3) 1.00 (4) 1.20 (5) 1.38

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。

(選択問題)

問 18 NANDIC を用いたパルス回路について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。ただし、高電位を「1」、低電位を「0」と表すことにする。

(a) p チャネル及び n チャネル MOSFET を用いて構成された図 1 の回路と真理値表が同一となるものを、図 2 の NAND 回路の接続 (i)、(ii)、(iii) から選び、全て列挙したものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

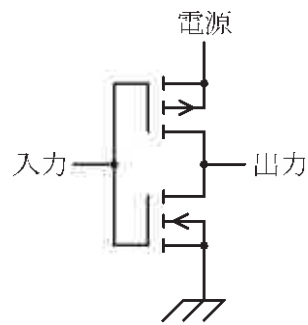


図 1

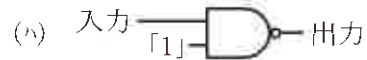
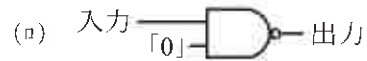
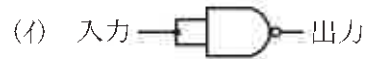


図 2

- (1) (i) (2) (ii) (3) (iii) (4) (i), (ii) (5) (i), (iii)

(b) 図3の三つの回路はいずれもマルチバイブレータの一種であり、これらの回路図において NAND IC の電源及び接地端子は省略している。同図(ニ), (ホ), (ハ)の入力の数がそれぞれ 0, 1, 2 であることに注意して、これら三つの回路と次の二つの性質を正しく対応づけたものの組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

性質Ⅰ：出力端子からパルスが連続的に発生し、デジタル回路の中で発振器として用いることができる。

性質Ⅱ：「0」や「1」を記憶する機能を持ち、フリップフロップの構成にも用いられる。

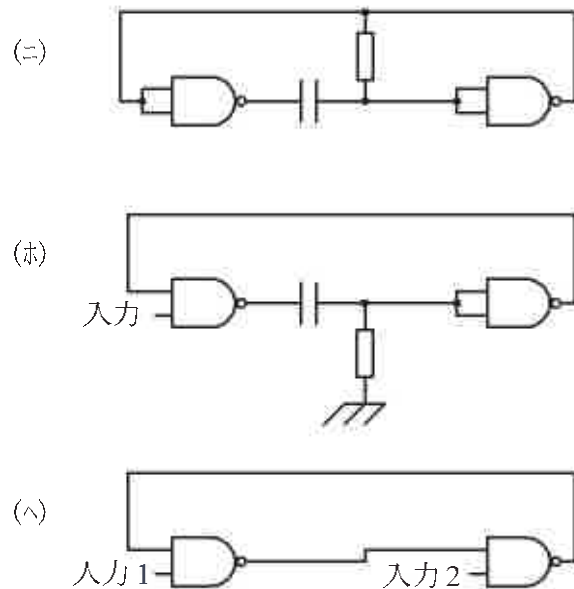


図3

	性質Ⅰ	性質Ⅱ
(1)	(ニ)	(ホ)
(2)	(ニ)	(ハ)
(3)	(ホ)	(ニ)
(4)	(ホ)	(ハ)
(5)	(ハ)	(ホ)

令和 7 年度 上期

第 3 種
理 論

(第 1 時限目)

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. 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. 問17と問18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。

A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 電圧 V [V] に充電された静電容量 C [F] のコンデンサと全く充電されていない静電容量 $2C$ [F] のコンデンサとがある。これら二つのコンデンサを並列に接続したとき、これらのコンデンサに蓄えられる全静電エネルギー[J] の値として、正しいものは次のうちどれか。

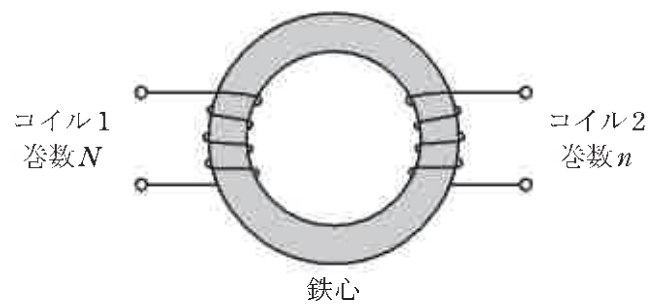
- (1) $\frac{1}{9}CV^2$ (2) $\frac{1}{6}CV^2$ (3) $\frac{2}{9}CV^2$ (4) $\frac{1}{3}CV^2$ (5) $\frac{3}{8}CV^2$

問2 真空中に Q [C] の電荷をもつ半径 r [m] の球状導体がある。ここで、真空の空間を比誘電率 2 の絶縁体の液体で満たしたとすると、静電気に関する記述として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、無限遠点の電位を零電位とする。

- (1) 球状導体表面の電位は、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (2) 球状導体表面の電界の強さは、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (3) 球状導体表面の電束密度は、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (4) 球状導体から出る電気力線の本数は、液体を満たす前の 2 倍になった。
- (5) 球状導体の静電容量は、液体を満たす前の 2 倍になった。

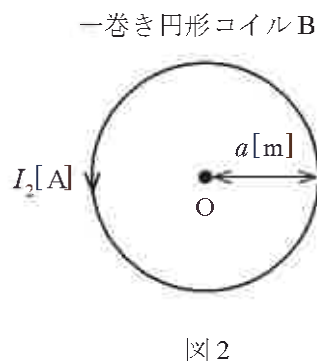
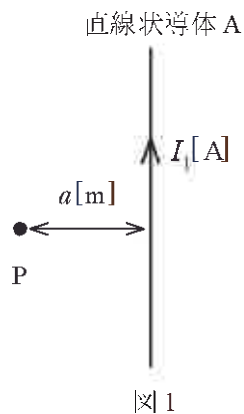
問3 図のように、環状鉄心に二つのコイルが巻かれている。コイル1の巻数は N であり、その自己インダクタンスは L [H]である。コイル2の巻数は n であり、その自己インダクタンスは $9L$ [H]である。巻数 n の値を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、鉄心は均一で一定断面積をもち、コイル及び鉄心の漏れ磁束はなく、鉄心の磁気飽和もないものとする。



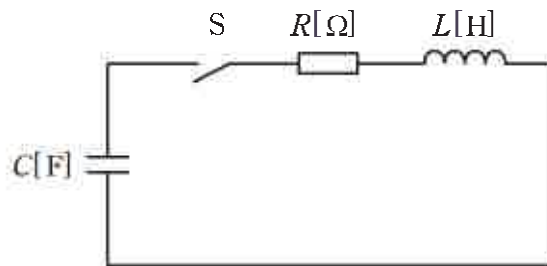
- (1) $\frac{N}{9}$ (2) $\frac{N}{3}$ (3) $3N$ (4) $9N$ (5) $81N$

問4 図1のように、無限に長い直線状導体Aに直流電流 I_1 [A] が流れているとき、この導体から a [m] 離れた点Pでの磁界の大きさは H_1 [A/m] であった。一方、図2のように半径 a [m] の一巻きの円形コイルBに直流電流 I_2 [A] が流れているとき、この円の中心点Oでの磁界の大きさは H_2 [A/m] であった。 $H_1 = H_2$ であるときの I_1 と I_2 の関係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) $I_1 = \pi^2 I_2$ (2) $I_1 = \frac{2}{\pi} I_2$ (3) $I_1 = \frac{I_2}{\pi^2}$ (4) $I_1 = \frac{I_2}{\pi}$ (5) $I_1 = \pi I_2$

問5 図に示す RLC 回路において、静電容量 $C[\text{F}]$ のコンデンサが電圧 $V[\text{V}]$ に充電されている。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コンデンサの端子電圧が最終的に零となった。この間に抵抗 $R[\Omega]$ で消費された電気エネルギー $W[\text{J}]$ 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) $\frac{1}{2}C^2 V$ (2) $\frac{1}{2}LV^2$ (3) $\frac{1}{2}L^2 V$ (4) $\frac{1}{2}\frac{V^2}{R}$ (5) $\frac{1}{2}CV^2$

問6 図1の直流回路において、端子a-c間に直流電圧100Vを加えたところ、端子b-c間の電圧は10Vであった。また、図2のように端子b-c間に15Ωの抵抗を並列に追加したとき、端子b-c間の電圧は4Vであった。今、図3のように端子b-c間を短絡したとき、電流*I*の値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

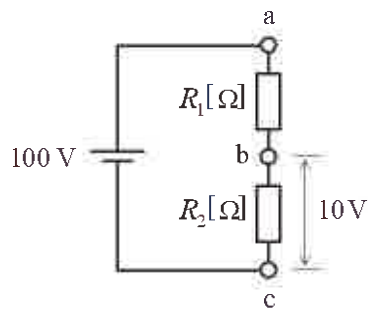


図1

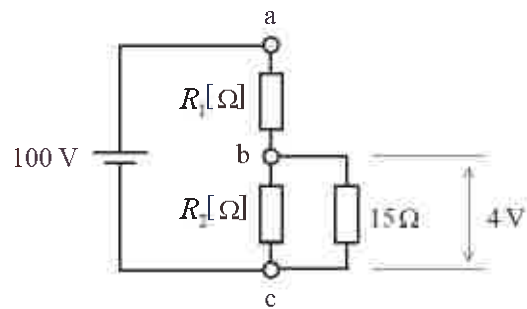


図2

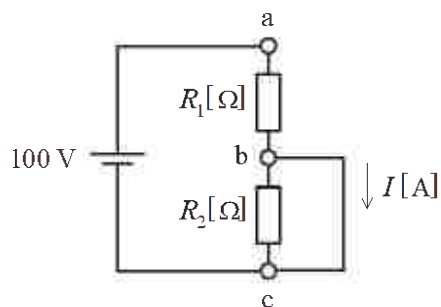


図3

(1) 0.0

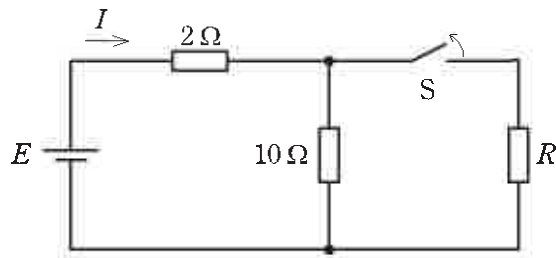
(2) 0.44

(3) 0.32

(4) 0.40

(5) 0.10

問7 図のような直流回路において、スイッチSを閉じているとき、 2Ω の抵抗を流れる電流は、スイッチSを開いたときの電流の3倍であった。 R の値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

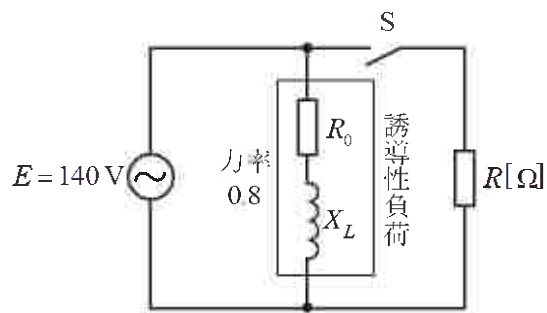


- (1) 2.5 (2) 3.5 (3) 0.5 (4) 1.5 (5) 4.5

問 8 ある回路に、 $i = 4\sqrt{2} \sin 120\pi t$ [A] の電流が流れている。この電流の瞬時値が、時刻 $t = 0$ s 以降に初めて 4 A となるのは、時刻 $t = t_1$ [s] である。 t_1 [s] の値として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) $\frac{1}{120}$ (2) $\frac{1}{160}$ (3) $\frac{1}{240}$ (4) $\frac{1}{360}$ (5) $\frac{1}{480}$

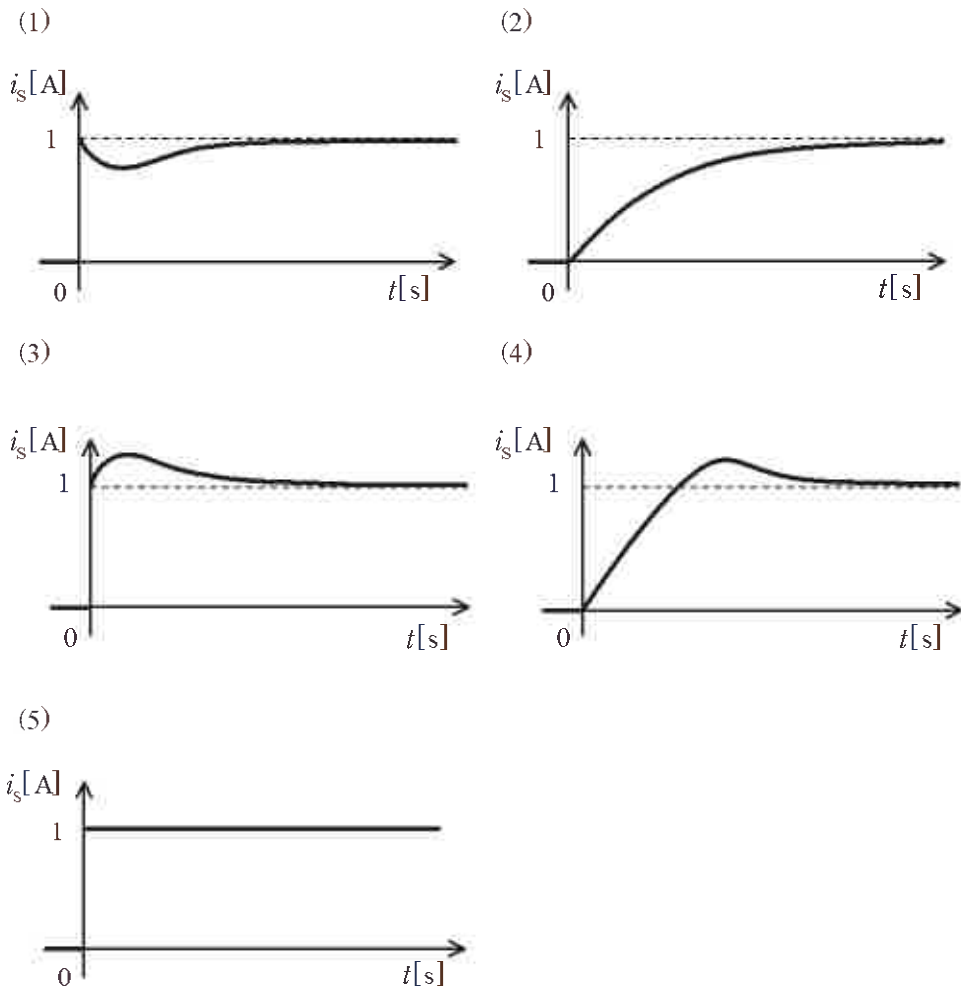
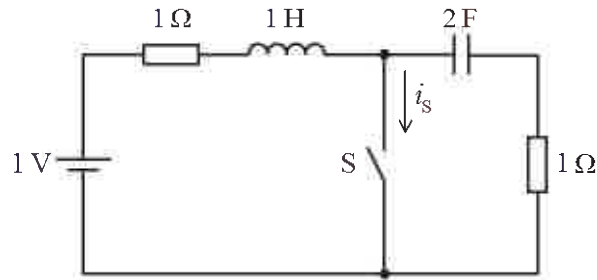
問9 図の交流回路において、電源電圧を $E = 140 \text{ V}$ とする。この電源に抵抗 $R_0 [\Omega]$ と誘導性リアクタンス $X_L [\Omega]$ とからなる力率 0.8 の誘導性負荷を接続したところ、電源から流れ出る電流の大きさは 30 A であった。次に、スイッチ S を閉じ、誘導性負荷と並列に抵抗 $R [\Omega]$ を接続すると、電源から流れ出る電流の大きさが 82 A となった。このとき、抵抗 $R [\Omega]$ の大きさとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 1.5 (2) 2.3 (3) 2.5 (4) 2.9 (5) 3.0

問 10 図の回路のスイッチ S を $t=0$ s で閉じる。電流 i_s [A] の波形として最も適切に表すものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、スイッチ S を閉じる直前に、回路は定常状態にあったとする。



問 11 次の文章は、図 1 及び図 2 に示す原理図を用いてホール素子の動作原理について述べたものである。

図 1 に示すように、p 形半導体に直流電流 I [A] を流し、半導体の表面に対して垂直に下から上向きに磁束密度 B [T] の平等磁界を半導体に加えると、半導体内の正孔は進路を曲げられ、電極①には (ア) 電荷、電極②には (イ) 電荷が分布し、半導体の内部に電界が生じる。また、図 2 の n 形半導体の場合は、電界の向きは p 形半導体の場合と (ウ) である。この電界により、電極①-②間にホール電圧 V_H [V] が発生し、それは直流電流 I [A] にほぼ (エ) する。

上記の記述中の空白箇所 (ア)～(エ)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。

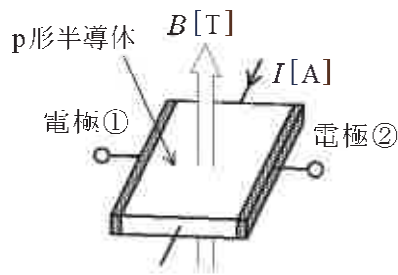


図 1

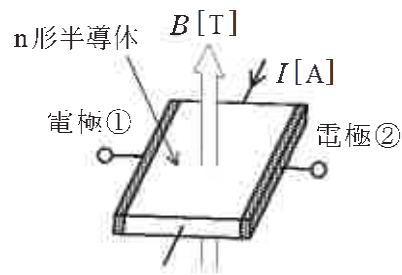


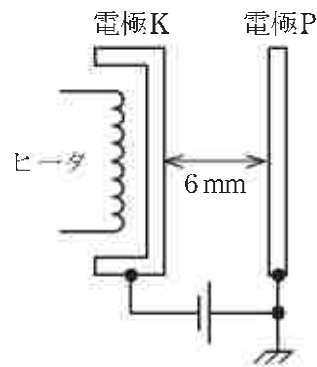
図 2

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	負	正	同じ	反比例
(2)	正	負	同じ	反比例
(3)	負	正	同じ	比例
(4)	正	負	反対	比例
(5)	負	正	反対	比例

問 12 真空中において、図のように電極板の間隔が 6 mm、電極板の面積が十分広い平行平板電極があり、電極 K、P 間には 2 000 V の直流電圧が加えられている。このとき、電極 K、P 間の電界の強さは約 (ア) V/m である。電極 K をヒータで加熱すると表面から (イ) が放出される。ある 1 個の電子に着目してその初速度を零とすれば、電子が電極 P に達したときの運動エネルギー W は (ウ) J となる。

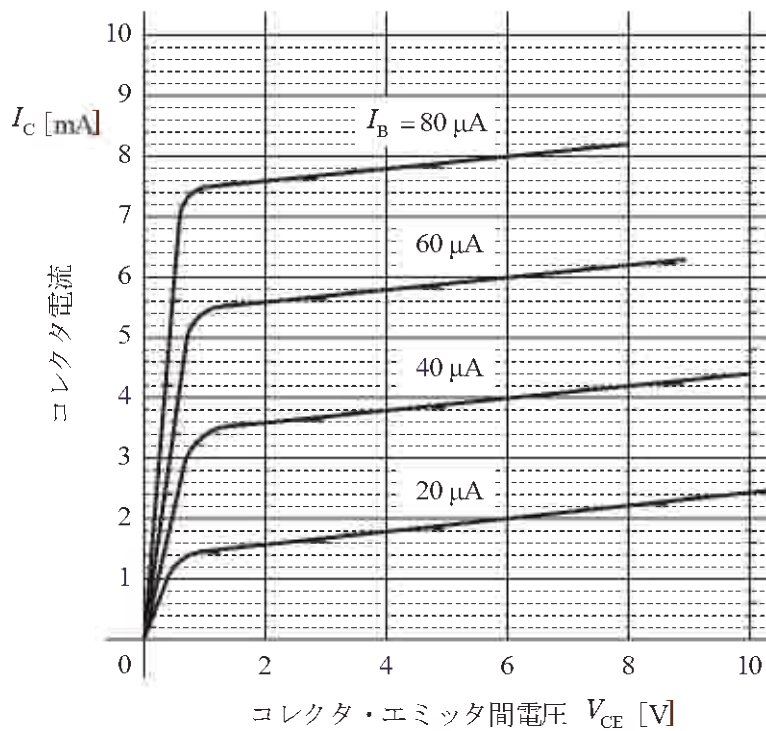
ただし、電極 K、P 間の電界は一律とし、電気素量 $e=1.6 \times 10^{-19}$ C とする。

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



	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	3.3×10^2	光電子	1.6×10^{-16}
(2)	3.3×10^5	熱電子	1.6×10^{-16}
(3)	3.3×10^2	光電子	3.2×10^{-16}
(4)	3.3×10^2	熱電子	1.6×10^{-16}
(5)	3.3×10^5	熱電子	3.2×10^{-16}

問 13 図はあるエミッタ接地トランジスタの静特性を示す。この特性より、ベース電流 $I_B = 40 \mu\text{A}$ 、コレクタ・エミッタ間の電圧 $V_{CE} = 6 \text{V}$ における電流増幅率 h_{fe} (又は β) の値及び出力インピーダンス $\frac{1}{h_{oe}}$ (又は r_o) の値 $[\Omega]$ 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。



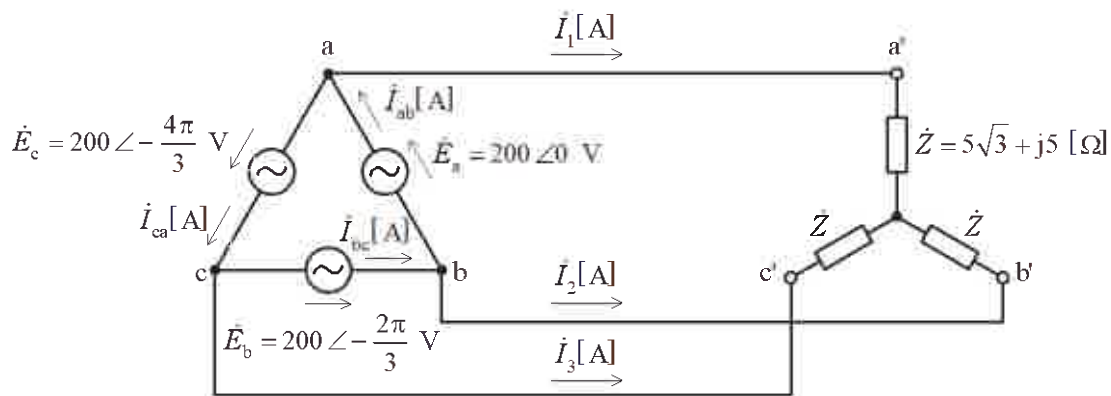
	h_{fe}	$\frac{1}{h_{oe}}$
(1)	80	30 000
(2)	100	10 000
(3)	100	20 000
(4)	200	10 000
(5)	200	20 000

問 14 電気及び磁気に関する量とその単位記号（これと同じ内容を表す単位記号を含む。）の組み合わせとして、誤っているのは次のうちどれか。

	量	単位記号
(1)	電流	C/s
(2)	磁気抵抗	H ⁻¹
(3)	電力量	W・s
(4)	磁束	T
(5)	電界の強さ	V/m

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問 15 図のように, 相電圧 200 V の対称三相交流電源に, 複素インピーダンス $Z = 5\sqrt{3} + j5$ [Ω] の負荷が Y 結線された平衡三相負荷を接続した回路がある。次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 電流 \vec{I}_1 の値[A]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $20.00\angle-\frac{\pi}{3}$ (2) $11.55\angle-\frac{\pi}{3}$ (3) $16.51\angle-\frac{\pi}{6}$
 (4) $20.00\angle-\frac{\pi}{6}$ (5) $11.55\angle-\frac{\pi}{6}$

(b) 電流 \vec{I}_{ab} の値[A]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

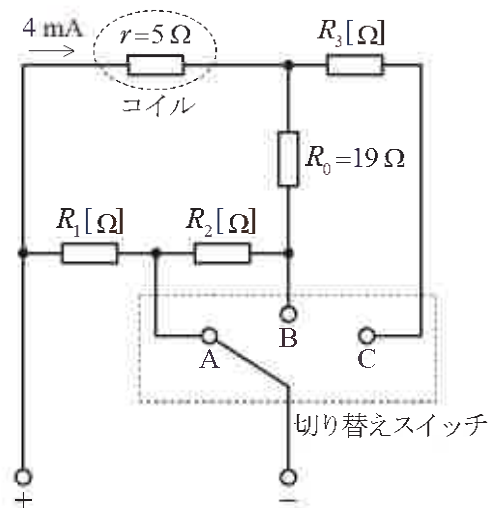
- (1) $20.00\angle-\frac{\pi}{6}$ (2) $6.67\angle-\frac{\pi}{6}$ (3) $11.55\angle-\frac{\pi}{6}$
 (4) $6.67\angle-\frac{\pi}{3}$ (5) $11.55\angle-\frac{\pi}{3}$

問 16 次に示す条件 I ~ III を満たす永久磁石可動コイル形電流電圧計を製作したい。永久磁石可動コイル形電流電圧計内部の接続の一部が図に示すようであるとき、次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし、コイルは内部抵抗 $r=5\ \Omega$ であり、最大 $4\ \text{mA}$ まで直流電流を流すことができるものとする。

条件 I : 切り替えスイッチを A にしたときは、最大 $1\ \text{A}$ の直流電流を測定できるものとする。

条件 II : 切り替えスイッチを B にしたときは、最大 $100\ \text{mA}$ の直流電流を測定できるものとする。

条件 III : 切り替えスイッチを C にしたときは、最大 $1.2\ \text{V}$ の直流電圧を測定できるものとする。



(a) 抵抗 R_1 の値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.1 (2) 0.9 (3) 4 (4) 9.6 (5) 9.96

(b) 抵抗 R_3 の値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 2.36 (2) 23.6 (3) 25 (4) 236 (5) 2360

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。

(選択問題)

問 17 大きさが等しい二つの導体球 A, B がある。両導体球に電荷が蓄えられている場合、両導体球の間に働く力は、導体球に蓄えられている電荷の積に比例し、導体球の中心間距離の 2 乗に反比例する。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

(a) この場合の比例定数を求める目的で、導体球 A に $+4 \times 10^{-8}$ C、導体球 B に $+6 \times 10^{-8}$ C の電荷を与えて、導体球の中心間距離で 0.3 m 隔てて両導体球を置いたところ、両導体球間に 2.4×10^{-4} N の反発力が働いた。この結果から求められる比例定数 $[\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2]$ として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、導体球 A, B の初期電荷は零とする。また、両導体球の大きさは 0.3 m に比べて極めて小さいものとする。

- (1) 3×10^9 (2) 4×10^9 (3) 9×10^9 (4) 12×10^9 (5) 15×10^9

(b) 上記(a)の導体球 A, B を, 電荷を保持したままで 0.3 m の中心間距離を隔てて固定した。ここで, 導体球 A, B と大きさが等しく電荷を持たない導体球 C を用意し, 導体球 C をまず導体球 A に接触させ, 次に導体球 B に接触させた。この導体球 C を導体球 A と導体球 B の間の直線上に置くとき, 導体球 C が受ける力が釣り合う位置を導体球 A との中心間距離で表したとき, その距離の値 [m] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.062 (2) 0.095 (3) 0.105 (4) 0.115 (5) 0.124

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。

(選択問題)

問 18 エミッタホロワ回路について、次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

- (a) 図 1 の回路で $V_{CC} = 9\text{V}$ 、 $R_1 = 3\text{k}\Omega$ 、 $R_2 = 6\text{k}\Omega$ とする。動作点におけるエミッタ電流を 2mA としたい。抵抗 R_E の値 [$\text{k}\Omega$] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、動作点において、ベース電流は R_2 を流れる直流電流より十分小さく無視できるものとし、ベース-エミッタ間電圧は 0.7V とする。

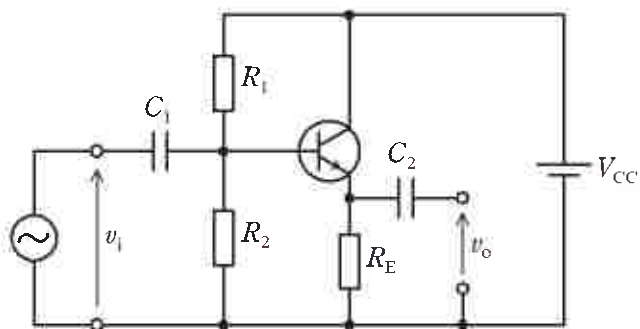


図 1

- (1) 0.36 (2) 1.5 (3) 2.7 (4) 4.7 (5) 7.5

(b) 図2は、エミッタホロワ回路の交流等価回路である。ただし、使用する周波数において図1の二つのコンデンサのインピーダンスが十分に小さい場合を考えている。ここで、 $h_{ie} = 2.5 \text{ k}\Omega$ 、 $h_{fe} = 300$ であり、 R_E は小問(a)で求めた値とする。入力インピーダンス $\frac{v_i}{i_i}$ の値 [$\text{k}\Omega$] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、 v_i と i_i はそれぞれ図2に示す入力電圧と入力電流である。

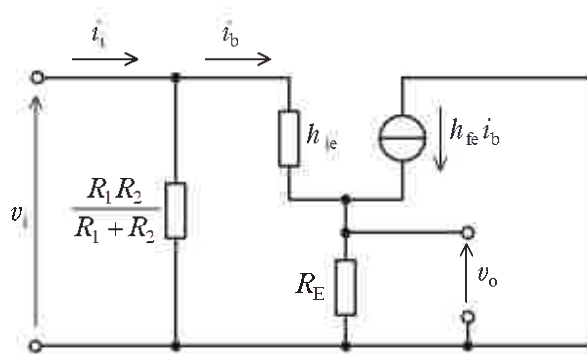


図2

- (1) 2.0 (2) 15 (3) 80 (4) 300 (5) 750

令和 6 年度 下期

第 3 種
理 論

(第 1 時限目)

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. 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. 問17と問18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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ kV}\cdot\text{A}$)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: $I[\text{A}]$ 抵抗 $R[\Omega]$ 面積は $S[\text{m}^2]$)

(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。

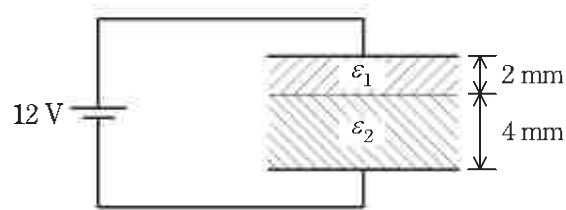
試験問題に関する質問にはお答えできません。

第 3 種

理 論

A 問題 (配点は 1 問題当たり 5 点)

問 1 図のように、電極面積 0.1 m^2 、電極間隔 6 mm の平行平板コンデンサに、比誘電率 $\epsilon_1 = 2$ 、厚さ 2 mm 及び比誘電率 $\epsilon_2 = 4$ 、厚さ 4 mm の 2 種類の誘電体が電極と平行に挿入されている。このコンデンサに 12 V の直流電圧を印加したとき、蓄えられる電荷の値 $[\text{C}]$ として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、真空の誘電率 $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ とし、コンデンサの端効果は無視するものとする。



- (1) 5.3×10^{-9} (2) 7.8×10^{-9} (3) 9.4×10^{-9} (4) 2.1×10^{-8} (5) 4.5×10^{-8}

問2 地球を、真空中にある半径 6.37×10^6 m の導体球と見なしたとき、地球の静電容量の値[F]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、真空の誘電率を $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ F/m とする。

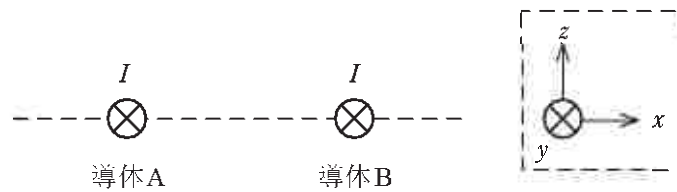
- (1) 7.08×10^{-4} (2) 4.45×10^{-3} (3) 4.51×10^3
(4) 5.67×10^4 (5) 1.78×10^5

問3 巻数30のコイルを貫通している磁束が0.1秒間に1Wbの割合で直線的に変化するとき、コイルに発生する起電力の大きさ[V]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 250 (2) 300 (3) 350 (4) 400 (5) 450

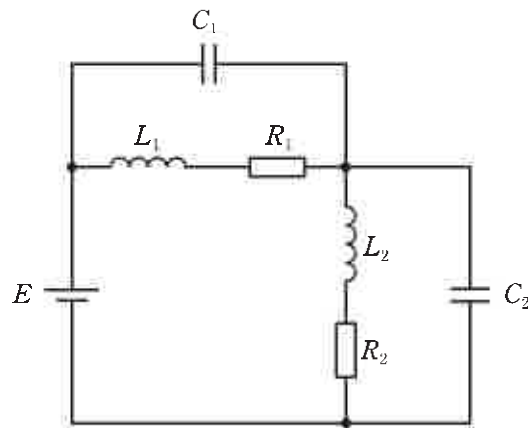
問4 図に示すように、直線導体 A 及び B が y 方向に平行に配置され、両導体と同じ大きさの電流 I が共に $+y$ 方向に流れているとする。このとき、各導体に加わる力の方向について、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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。



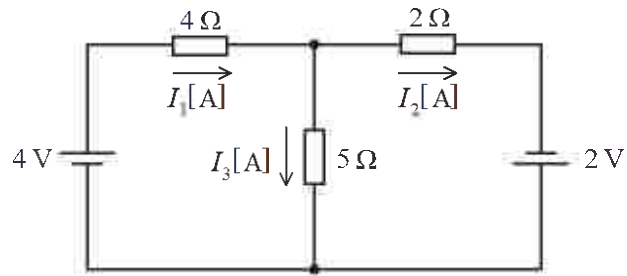
	導体 A	導体 B
(1)	$+x$ 方向	$+x$ 方向
(2)	$+x$ 方向	$-x$ 方向
(3)	$-x$ 方向	$+x$ 方向
(4)	$-x$ 方向	$-x$ 方向
(5)	どちらの導体にも力は働かない。	

問5 $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ の抵抗, インダクタンス $L_1 = 20 \text{ mH}$, $L_2 = 40 \text{ mH}$ のコイル及び静電容量 $C_1 = 400 \mu\text{F}$, $C_2 = 600 \mu\text{F}$ のコンデンサからなる図のような直並列回路がある。直流電圧 $E = 100 \text{ V}$ を加えたとき, 定常状態において L_1 , L_2 , C_1 及び C_2 に蓄えられるエネルギーの総和の値[J]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



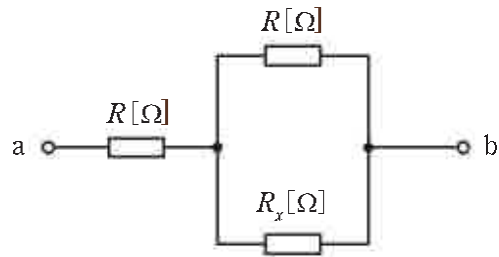
- (1) 0.12 (2) 1.20 (3) 1.32 (4) 1.40 (5) 1.52

問6 図のように、二つの直流電源と三つの抵抗からなる回路がある。各抵抗に流れる電流を図に示す向きに定義するとき、電流 I_1 、 I_2 、 I_3 の値[A]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。



	I_1	I_2	I_3
(1)	-1	-1	0
(2)	-1	1	-2
(3)	2	1	1
(4)	1	1	0
(5)	1	-1	2

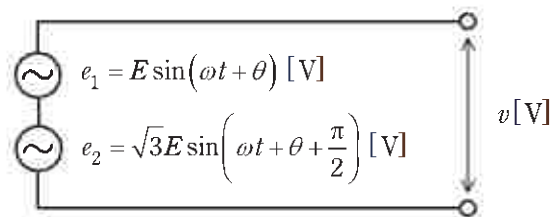
問7 図の抵抗回路において、端子 a, b 間の合成抵抗 R_{ab} の値 $[\Omega]$ は $1.8R[\Omega]$ であった。このとき、抵抗 R_x の値 $[\Omega]$ として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) R (2) $2R$ (3) $3R$ (4) $4R$ (5) $5R$

問8 図のように、二つの正弦波交流電圧源 e_1 [V], e_2 [V] が直列に接続されている回路において、合成電圧 v [V] の最大値は e_1 の最大値の $\boxed{\text{(ア)}}$ 倍となり、その位相は e_1 を基準として $\boxed{\text{(イ)}}$ [rad] の $\boxed{\text{(ウ)}}$ となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。



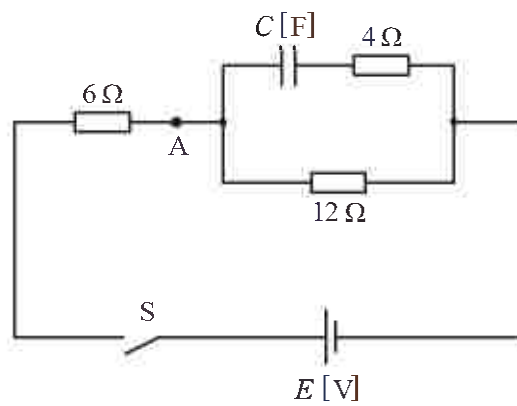
	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	$\frac{1}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	進み
(2)	$1+\sqrt{3}$	$\frac{\pi}{6}$	遅れ
(3)	2	$\frac{\pi}{3}$	進み
(4)	$\sqrt{3}$	$\frac{\pi}{6}$	遅れ
(5)	2	$\frac{2\pi}{3}$	進み

問9 $4\ \Omega$ の抵抗と静電容量が C [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 回路に流れる電流の値[A]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 10 図に示す回路において、スイッチ S を閉じた瞬間(時刻 $t=0$)に点 A を流れる電流を I_0 [A] とし、十分に時間が経ち、定常状態に達したのちに点 A を流れる電流を I [A] とする。電流比 $\frac{I_0}{I}$ 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。

ただし、コンデンサの初期電荷は零とする。



- (1) 0.5 (2) 1.0 (3) 1.5 (4) 2.0 (5) 2.5

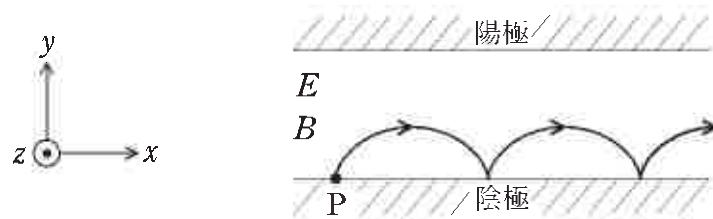
問 11 電界効果トランジスタ(FET)に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 接合形と MOS 形に分類することができる。
- (2) ドレインとソースとの間の電流の通路には、n 形と p 形がある。
- (3) MOS 形はデプレッション形とエンハンスメント形に分類できる。
- (4) ゲート電圧で自由電子又は正孔の移動を制御できる。
- (5) エンハンスメント形はゲート電圧に関係なくチャンネルができる。

問 12 次の文章は、電子レンジに内蔵されてマイクロ波を発生する、マグネトロン内の電子の軌跡を簡略化して説明した記述である。

図に示すように、真空中の平行平板電極間に直流電圧を加えて平等電界 E [V/m] を作り、平等電界と直交する方向に磁束密度 B [T] の平等磁界を加えた。図中の \odot は z 軸の正の向きで、紙面に垂直かつ手前の向きを表す。

陰極上の点 P に初速零で電荷 $-e$ [C] の電子を置いて静かに離すと、 y 軸の (ア) の向きの電界により電子は陽極に向かって動き始める。同時に電子は磁束密度に (イ) した大きさの (ロ) 力を受ける。磁界は z 軸の (エ) の向きのため、電子は電界と磁界の作用で x 軸の正の向きに移動する。このとき磁束密度が一定値以上では電子は陽極に到達せずに、図のように (オ) といわれる軌跡を描く。ただし、電子は紙面と平行な平面上を移動し、重力の影響は無視できるものとする。



上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)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)	(ロ)	(エ)	(オ)
(1)	正	比例	ローレンツ	正	サイクロイド
(2)	正	反比例	アンペール	正	ヒステリシス
(3)	負	比例	アンペール	負	リサージュ
(4)	負	比例	ローレンツ	負	サイクロイド
(5)	負	反比例	ローレンツ	負	リサージュ

問 13 図 1 は、固定バイアス回路を用いた、 R_B の値が未知のエミッタ接地トランジスタ増幅回路である。図 2 は、この増幅回路で用いているトランジスタのコレクタ-エミッタ間電圧 V_{CE} とコレクタ電流 I_C との関係を予め調べ示した静特性である。ただし、五つのベース電流の値 I_B [μA] のみに対する曲線であり、増幅回路の負荷抵抗 R_L の負荷線も重ねて示している。今、増幅回路の動作点を測定したところ $V_{CE} = 3.0\text{V}$ であった。抵抗 R_B の値 [$\text{M}\Omega$] として最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

ただし、ベース-エミッタ間電圧 V_{BE} を 0.7V としてよい。なお、 C_1 、 C_2 は結合コンデンサであり、 V_{CC} は直流電圧源である。

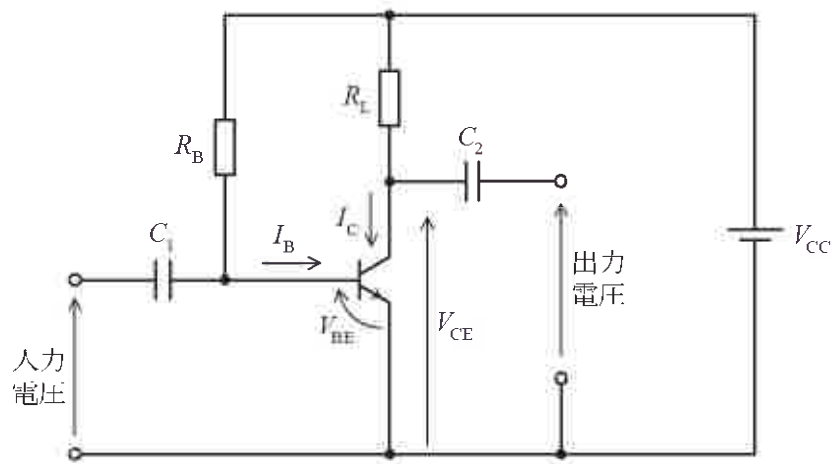


図 1

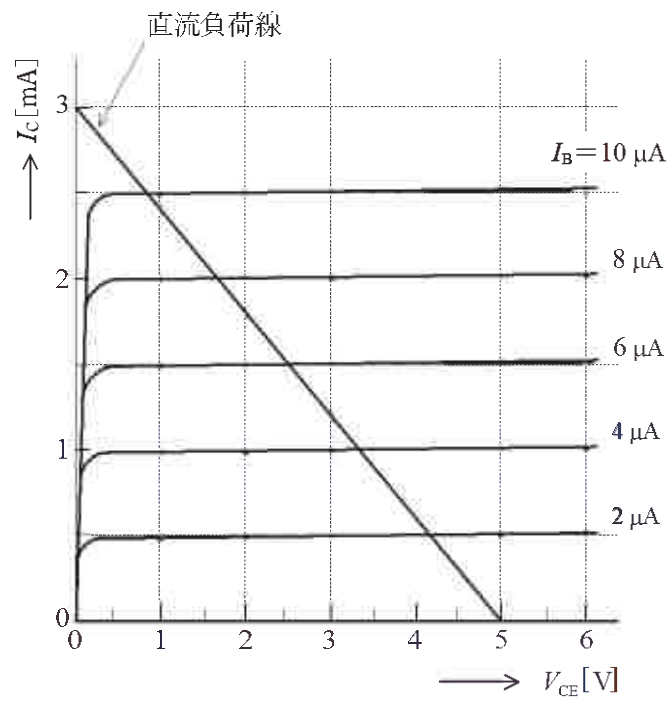


図 2

(1) 0.5

(2) 0.9

(3) 1.5

(4) 3.0

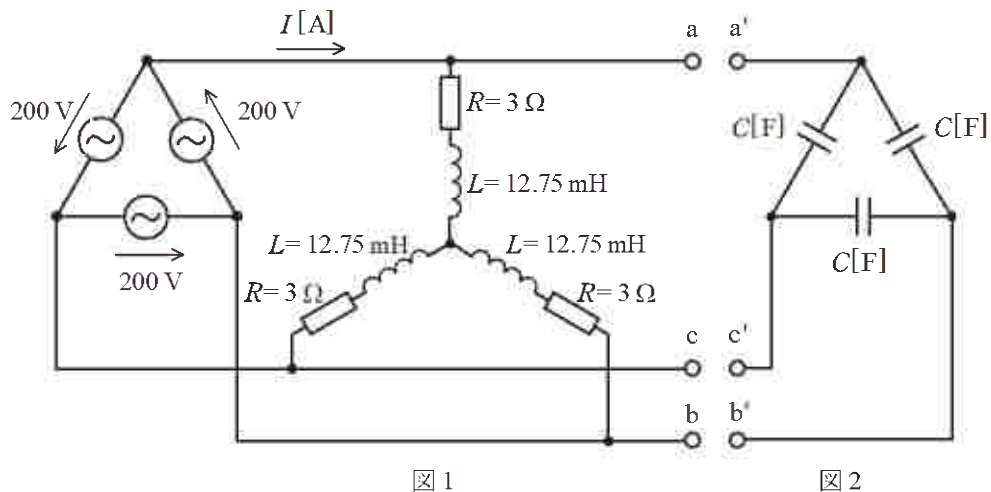
(5) 6.0

問 14 固有の名称をもつ SI 組立単位の記号と、これと同じ内容を表す他の表し方の組合せとして、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	SI 組立単位の記号	SI 基本単位及び SI 組立単位による他の表し方
(1)	F	C/V
(2)	Wb	V/s
(3)	S	A/V
(4)	T	Wb/m ²
(5)	W	J/s

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, 相電圧200V, 周波数50Hzの対称三相交流電源に, 抵抗とインダクタンスからなる三相平衡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の回路において, 負荷電流 I の値[A]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

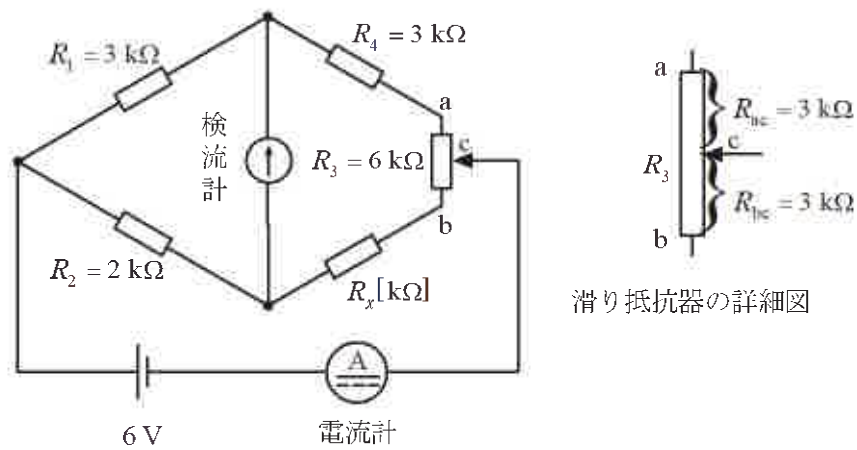
- (1) 22.2 (2) 23.1 (3) 40 (4) 66.6 (5) 69.2

(b) 図2のように, 静電容量 C [F]のコンデンサを Δ 結線して, 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, 三相交流電源から見た負荷の力率は1になったという。静電容量 C の値[F]として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 1.9×10^{-6} (2) 1.7×10^{-4} (3) 2.1×10^{-4}
 (4) 7.4×10^{-4} (5) 5.9×10^{-2}

問 16 図のブリッジ回路を用いて、未知抵抗 R_x を測定したい。抵抗 $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$ 、 $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ 、 $R_4 = 3 \text{ k}\Omega$ とし、 $R_3 = 6 \text{ k}\Omega$ の滑り抵抗器の接触子の接点 C をちょうど中央に調整したとき ($R_{ac} = R_{bc} = 3 \text{ k}\Omega$) ブリッジが平衡したという。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、直流電圧源は 6 V とし、電流計の内部抵抗は無視できるものとする。



(a) 未知抵抗 R_x の値 [$\text{k}\Omega$] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.1 (2) 0.5 (3) 1.0 (4) 1.5 (5) 2.0

(b) 平衡時の電流計の指示値 [mA] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

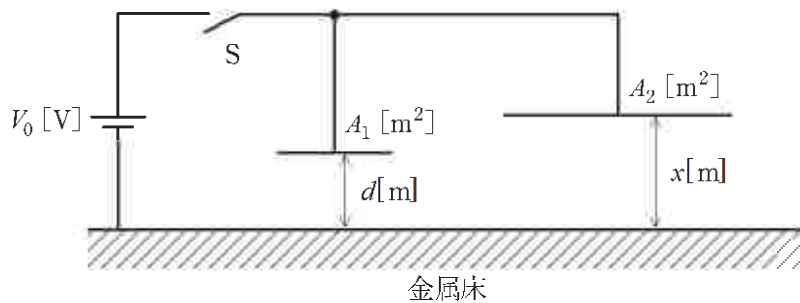
- (1) 0 (2) 0.4 (3) 1.5 (4) 1.7 (5) 2.0

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。

(選択問題)

問 17 図のように、十分大きい平らな金属板で覆われた床と平板電極とで作られる
空気コンデンサが二つ並列接続されている。二つの電極は床と平行であり、それら
の面積は左側が $A_1 = 10^{-3} \text{ m}^2$ 、右側が $A_2 = 10^{-2} \text{ m}^2$ である。床と各電極の間隔は左側
が $d = 10^{-3} \text{ m}$ で固定、右側が $x \text{ [m]}$ で可変、直流電源電圧は $V_0 = 1000 \text{ V}$ である。次の
(a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、空気の誘電率を $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ とし、静電容量を考える際にコンデン
サの端効果は無視できるものとする。



(a) まず, 右側の x [m] を d [m] と設定し, スイッチ S を一旦閉じてから開いた。このとき, 二枚の電極に蓄えられる合計電荷 Q の値 [C] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) 8.0×10^{-9} (2) 1.6×10^{-8} (3) 9.7×10^{-8} (4) 1.9×10^{-7} (5) 1.6×10^{-6}

(b) 上記 (a) の操作の後, 徐々に x を増していったところ, $x = 3.0 \times 10^{-3}$ m のときに左側の電極と床との間に火花放電が生じた。左側のコンデンサの空隙の絶縁破壊電圧 V の値 [V] として, 最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

(1) 3.3×10^2 (2) 2.5×10^3 (3) 3.0×10^3 (4) 5.1×10^3 (5) 3.0×10^4

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。

(選択問題)

問 18 演算増幅器(オペアンプ)について, 次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 演算増幅器の特徴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) アナログ IC の一種である。
- (2) 入力インピーダンスが小さくて出力インピーダンスが大きい。
- (3) 反転並びに非反転の二つの入力端子と一つの出力端子がある。
- (4) 入力端子間の電圧のみを増幅して出力する。
- (5) 増幅度が非常に大きい。

(b) 図 1 及び図 2 のような直流増幅回路がある。それぞれの出力電圧 V_{o1} , V_{o2} の値 [V] 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, 演算増幅器は理想的なものとし, $V_{i1}=0.6\text{ V}$ 及び $V_{i2}=0.45\text{ V}$ は直流の入力電圧である。

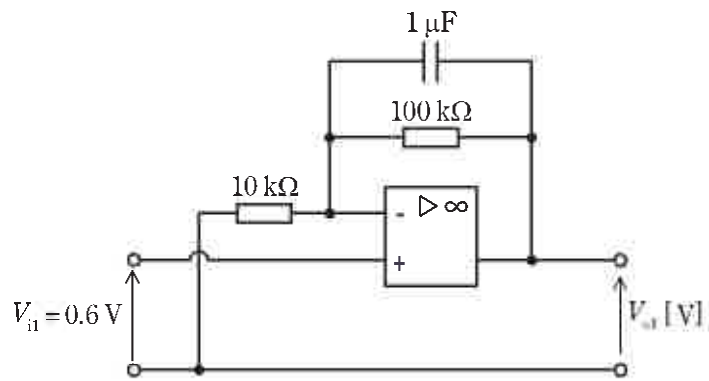


図 1

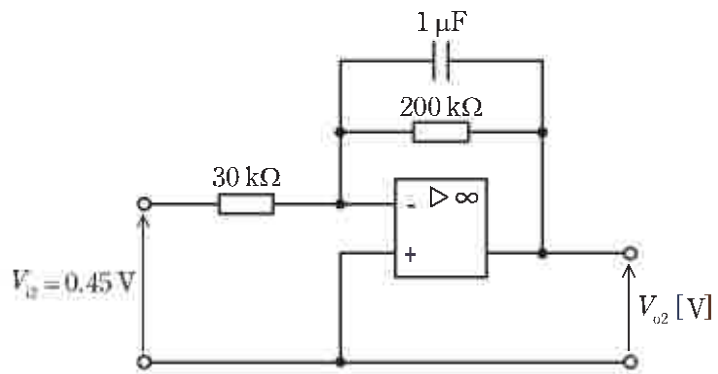


図 2

	V_{o1}	V_{o2}
(1)	6.6	-3.0
(2)	6.6	3.0
(3)	-6.6	3.0
(4)	-4.5	9.0
(5)	4.5	-9.0

令和 6 年度 上期

第 3 種
理 論

(第 1 時限目)

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. 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. 問17と問18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。

A 問題 (配点は 1 問題当たり 5 点)

- 問 1 図 1 に示すような、空気を含む二つの誘電体からなる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、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。
 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、空气中平行平板電極の場合の等電位線の分布を図 2 に示す。

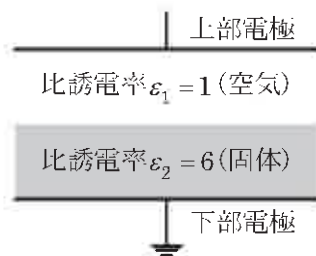


図 1 複合誘電体平行平板電極の断面図

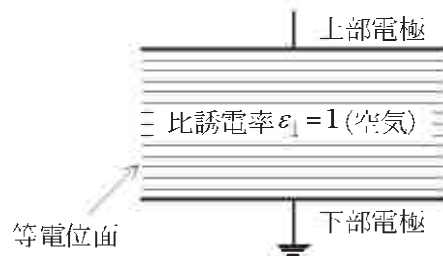
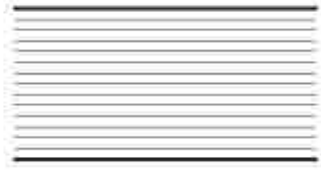
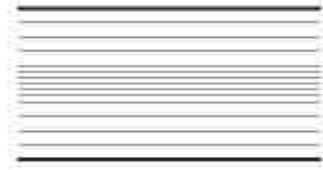


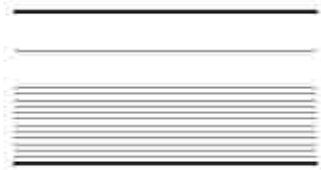
図 2 空气中平行平板電極の断面図



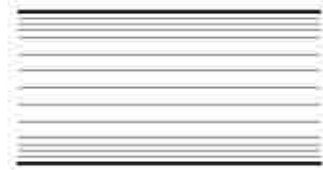
(1)



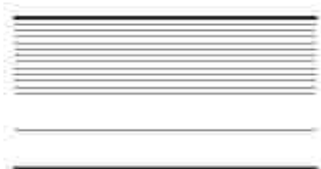
(2)



(3)



(4)



(5)

(注) 図2と同様に下側を接地電極とする。

問2 空気中に孤立した半径 a [m] の導体球に帯電できる最大の電荷の値 [C] 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、空気の絶縁耐力及び誘電率はそれぞれ E_m [V/m] 及び ϵ_0 [F/m] とする。

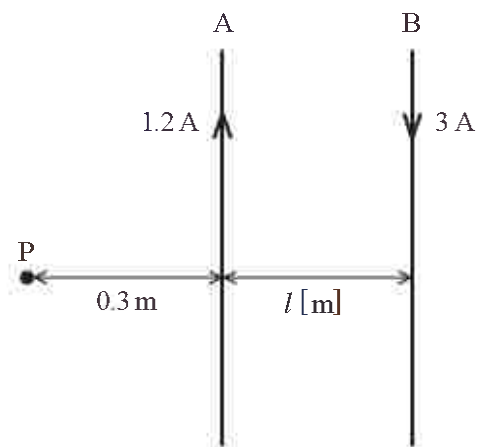
- (1) $\frac{E_m}{4\pi\epsilon_0 a^2}$ (2) $\frac{E_m}{4\pi\epsilon_0 a}$ (3) $4\pi\epsilon_0 a E_m$ (4) $4\pi\epsilon_0 a^2 E_m$ (5) $4\pi\epsilon_0 a^3 E_m$

問3 磁気に関する量とその単位記号(SI基本単位及び組立単位による表し方)の組合せとして、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	量	単位記号
(1)	インダクタンス	Wb/A
(2)	磁束	V/s
(3)	磁界の強さ	A/m
(4)	磁気抵抗	H ⁻¹
(5)	透磁率	H/m

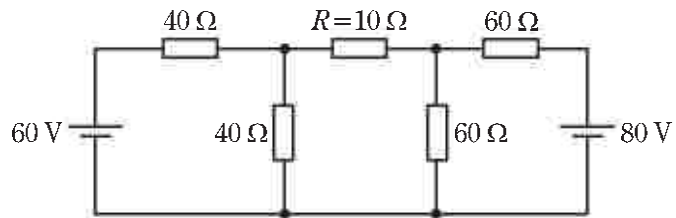
問4 図のように、A、B 2本の平行な直線導体があり、導体Aには1.2Aの、導体Bにはそれと反対方向に3Aの電流が流れている。導体AとBの間隔が l [m]のとき、導体Aより0.3m離れた点Pにおける合成磁界が零になった。 l の値[m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、導体A、Bは無有限長とし、点Pは導体A、Bを含む平面上にあるものとする。



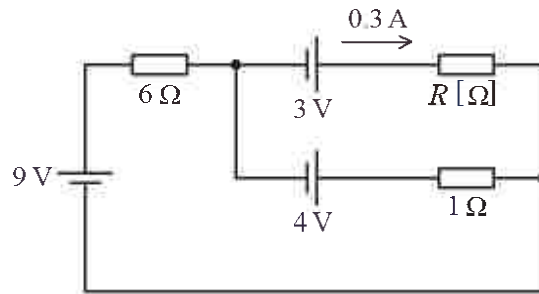
- (1) 0.24 (2) 0.45 (3) 0.54 (4) 0.75 (5) 1.05

問5 図の直流回路において、抵抗 $R = 10 \Omega$ で消費される電力の値[W]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6 図の回路において、抵抗 $R [\Omega]$ には電流 0.3 A が流れている。抵抗 R の値 $[\Omega]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 2.0 (2) 2.8 (3) 3.7 (4) 4.9 (5) 25

問7 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 の値 [Ω] 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) $R_2 = r$

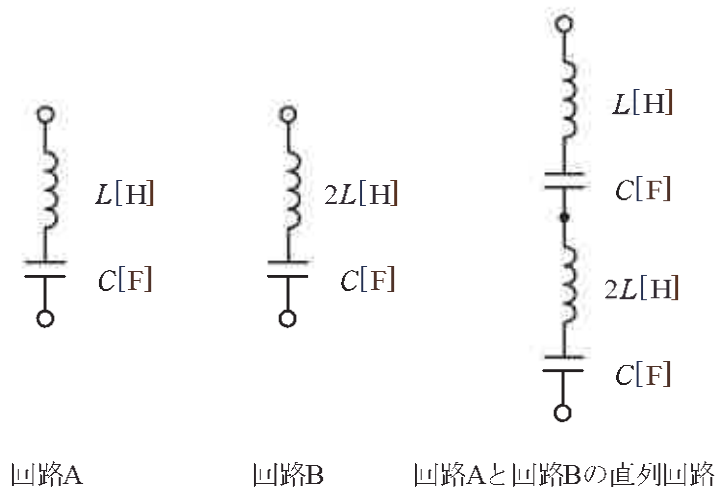
2) $R_2 = R_1$

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8 図のように、二つのLC直列共振回路A, Bがあり、それぞれの共振周波数が f_A [Hz], f_B [Hz]である。これらA, Bをさらに直列に接続した場合、全体としての共振周波数が f_{AB} [Hz]になった。 f_A , f_B 及び f_{AB} の大小関係として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



- (1) $f_A < f_B < f_{AB}$ (2) $f_A < f_{AB} < f_B$ (3) $f_B < f_{AB} < f_A$
 (4) $f_{AB} < f_A < f_B$ (5) $f_{AB} < f_B < f_A$

問9 次式に示す電圧 e [V] 及び電流 i [A] による電力の値 [kW] として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

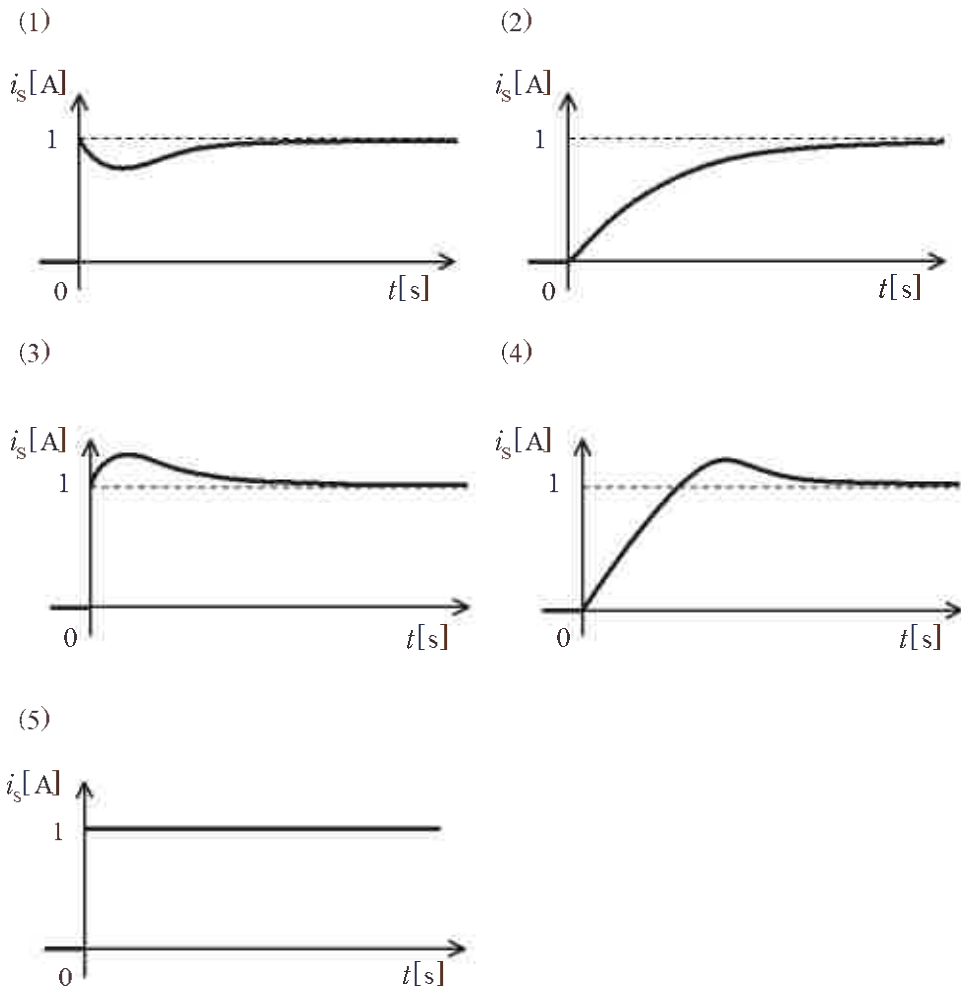
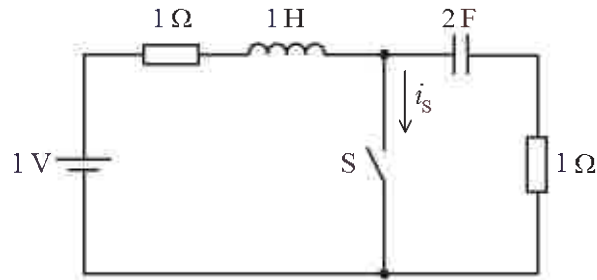
$$e = 100 \sin \omega t + 50 \sin \left(3\omega t - \frac{\pi}{6} \right) \text{ [V]}$$

$$i = 20 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{6} \right) + 10\sqrt{3} \sin \left(3\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \text{ [A]}$$

- (1) 0.95 (2) 1.08 (3) 1.16 (4) 1.29 (5) 1.34

問 10 図の回路のスイッチ S を $t=0$ s で閉じる。電流 i_s [A] の波形として最も適切に表すものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、スイッチ S を閉じる直前に、回路は定常状態にあったとする。



問 11 バイポーラトランジスタと電界効果トランジスタ(FET)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) バイポーラトランジスタは、消費電力が FET より大きい。
- (2) バイポーラトランジスタは、静電気に対して FET より破壊されにくい。
- (3) バイポーラトランジスタの入力インピーダンスは、FET のそれよりも低い。
- (4) バイポーラトランジスタは電圧制御素子、FET は電流制御素子といわれる。
- (5) バイポーラトランジスタのコレクタ電流は自由電子及び正孔の両方が関与し、FET のドレイン電流は自由電子又は正孔のどちらかが関与する。

問12 真空中に置かれた平行電極板間に、直流電圧 V [V] を加えて平等電界 E [V/m] を作り、この陰極板に電子を置いた場合、初速零で出発した電子が陽極板に到達したときの速さは、 v [m/s] となった。このときの電子の運動エネルギーは、電子が陽極板に到達するまでに得るエネルギーに等しいと考えられ、次の式が成立する。

$$\frac{1}{2}mv^2 = \boxed{(\gamma)}$$

ただし、電子の電気素量を e [C]、電子の質量を m [kg] とする。

したがって、この式から電子の速さ v [m/s] は、 $\boxed{(\iota)}$ で表される。

上記の記述中の空白箇所 (γ) 及び (ι) 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。

	(γ)	(ι)
(1)	eV	$\sqrt{\frac{4eV}{m}}$
(2)	eV	$\sqrt{\frac{2eV}{m}}$
(3)	$2eV$	$\sqrt{\frac{4eV}{m}}$
(4)	eE	$\sqrt{\frac{2eE}{m}}$
(5)	eE	$\sqrt{\frac{4eE}{m}}$

問 13 図 1 は、静電容量 C [F] のコンデンサとコイルからなる共振回路の等価回路である。このようにコイルに内部抵抗 r [Ω] が存在する場合は、インダクタンス L [H] と抵抗 r [Ω] の直列回路として表すことができる。この直列回路は、コイルの抵抗 r [Ω] が、誘導性リアクタンス ωL [Ω] に比べて十分小さいものとする、図 2 のように、等価抵抗 R_p [Ω] とインダクタンス L [H] の並列回路に変換することができる。このときの等価抵抗 R_p [Ω] の値を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、 I_c [A] は電流源の電流を表す。

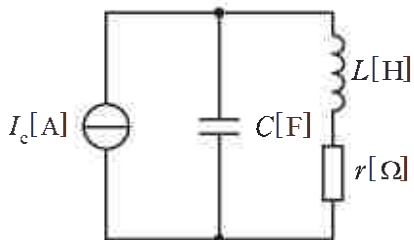


図 1

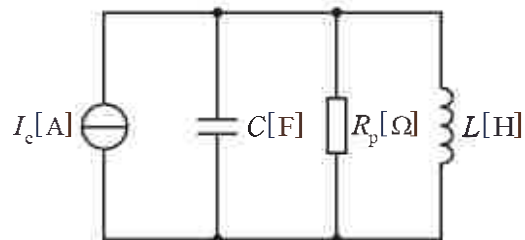


図 2

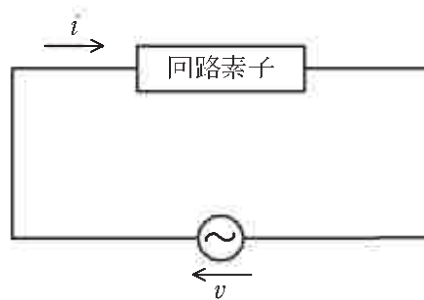
- (1) $\frac{\omega L}{r}$ (2) $\frac{r}{(\omega L)^2}$ (3) $\frac{(\omega L)^2}{r}$ (4) $\frac{r^2}{\omega L}$ (5) $r(\omega L)^2$

問 14 電気計器に関する記述として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) クランプメータは、電線に流れる電流による磁界をはかることで電流が測定できるため、磁界が打ち消し合うように電線1本のみをクランプする。
- (2) 電子電圧計は、増幅器と可動コイル形計器を組み合わせたもので、内部抵抗が小さく、電圧の測定範囲が数 μV から100V程度である。
- (3) ホイートストンブリッジは抵抗を精密に測定できる。
- (4) 接地抵抗計は、屋内配線や機器などの絶縁抵抗を測定する。
- (5) 絶縁抵抗計は、接地電極と大地との間の抵抗を測定する。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図の交流回路において, 回路素子は, インダクタンス L のコイル又は静電容量 C のコンデンサである。この回路に正弦波交流電圧 $v = 500 \sin(1000t)$ [V] を加えたとき, 回路に流れる電流は, $i = -50 \cos(1000t)$ [A] であった。このとき, 次の(a)及び(b)の問に答えよ。



(a) 回路素子の値として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $C = 10 \text{ nF}$ (2) $C = 100 \text{ nF}$ (3) $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$
(4) $L = 10 \text{ mH}$ (5) $L = 100 \text{ mH}$

(b) この回路素子に蓄えられるエネルギーの最大値 W_{max} の値[J]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし, インダクタンスの場合には $\frac{1}{2}Li^2$ の, 静電容量の場合には $\frac{1}{2}Cv^2$ のエネルギーが蓄えられるものとする。

- (1) 2.5 (2) 6.25 (3) 12.5 (4) 25 (5) 125

問 16 直流電流の測定範囲の拡大について、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 直流電流計Ⅰの最大目盛は 100 A、直流電流計Ⅱの最大目盛は 50 A、直流電流計Ⅲの最大目盛は 50 A である。この 3 台の直流電流計を並列に接続し、ある回路に接続したところ、直流電流計Ⅰの指示値は 90 A、直流電流計Ⅱの指示値は 40 A、直流電流計Ⅲの指示値は 35 A であった。この接続において計測できる最大電流の値[A]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 100 (2) 144 (3) 165 (4) 183 (5) 200

(b) 次に、直流電流計Ⅰ、直流電流計Ⅱ、直流電流計Ⅲの3台を並列に接続した状態で、別の回路に接続した。この回路を流れる電流の値は150 Aであった。このとき、各電流計が指示した値は、直流電流計Ⅰ = $\boxed{(ア)}$ A、直流電流計Ⅱ = $\boxed{(イ)}$ A、直流電流計Ⅲ = $\boxed{(ウ)}$ Aであった。

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

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	31.8	36.4	81.8
(2)	31.8	81.8	36.4
(3)	36.4	31.8	81.8
(4)	81.8	31.8	36.4
(5)	81.8	36.4	31.8

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。

(選択問題)

問 17 図 1 の端子 a-d 間の合成静電容量について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

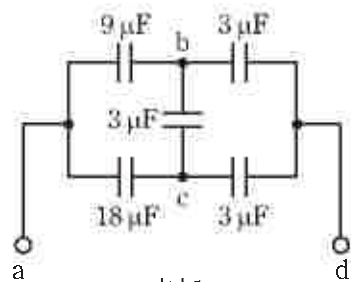


図 1

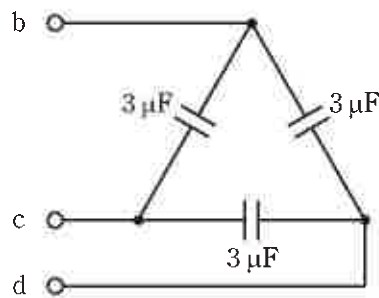


図 2

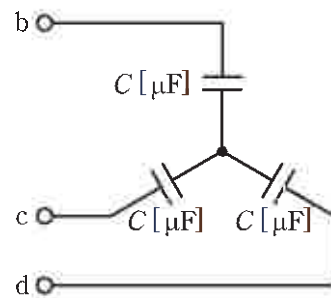


図 3

(a) 端子 b-c-d 間は図 2 のように Δ 結線で接続されている。これを図 3 のように Y 結線に変換したとき、電氣的に等価となるコンデンサ C の値 [μF] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 1.0 (2) 2.0 (3) 4.5 (4) 6.0 (5) 9.0

(b) 図 3 を用いて、図 1 の端子 b-c-d 間を Y 結線回路に変換したとき、図 1 の端子 a-d 間の合成静電容量 C_0 の値 [μF] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 3.0 (2) 4.5 (3) 4.8 (4) 6.0 (5) 9.0

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。

(選択問題)

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)の間に答えよ。

(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)～(エ)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)	(エ)
(1)	高い	信号波	三角波	検波
(2)	高い	信号波	正弦波	検波
(3)	高い	搬送波	三角波	増幅
(4)	低い	信号波	三角波	増幅
(5)	低い	搬送波	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。電圧 v_1 , v_2 , v_3 の波形を同時に計測したところ図2のいずれかであった。このとき、電圧 v_1 の波形は , v_2 の波形は , v_3 の波形は である。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)～(オ)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。

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。

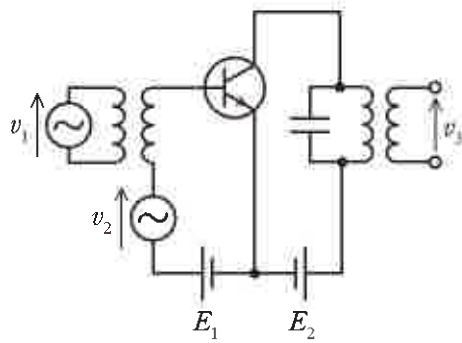


図1 振幅変調回路の原理図

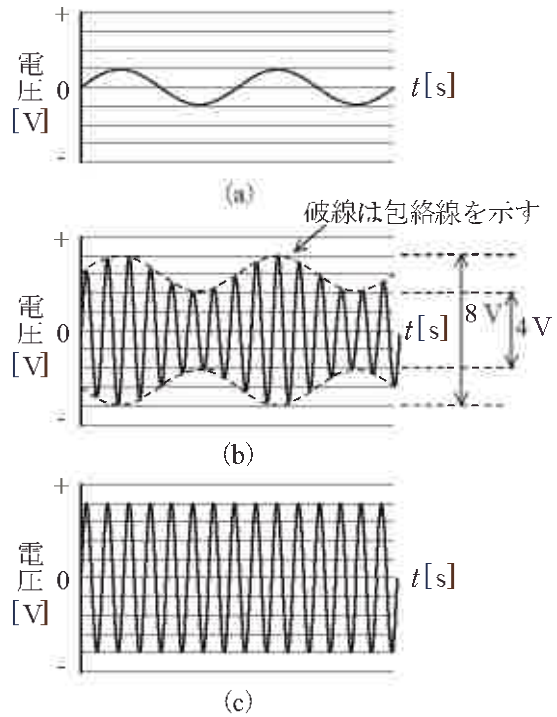


図2 電圧 v_1 、 v_2 、 v_3 の波形(時間軸は同一)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	コレクタ	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)	ベース	図2(c)	図2(a)	図2(b)	33

令和 5 年度 下期

第 3 種
理 論

(第 1 時限目)

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 <small>(字數制限の省略あり)</small>	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. 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. 問17と問18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 $f=50\text{ Hz}$ $670\text{ kV}\cdot\text{A}$)

② 数字以外と組み合わせる場合

(例: $I[\text{A}]$ 抵抗 $R[\Omega]$ 面積は $S[\text{m}^2]$)

(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。

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。

(選択肢は右側に記載)

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

問2 次の文章は、帯電した導体球に関する記述である。

真空中で導体球 A 及び B が軽い絶縁体の糸で固定点 O からつり下げられている。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]、重力加速度を g [m/s²] とする。A 及び B は同じ大きさと質量 m [kg] をもつ。糸の長さは各導体球の中心点が点 O から距離 l [m] となる長さである。

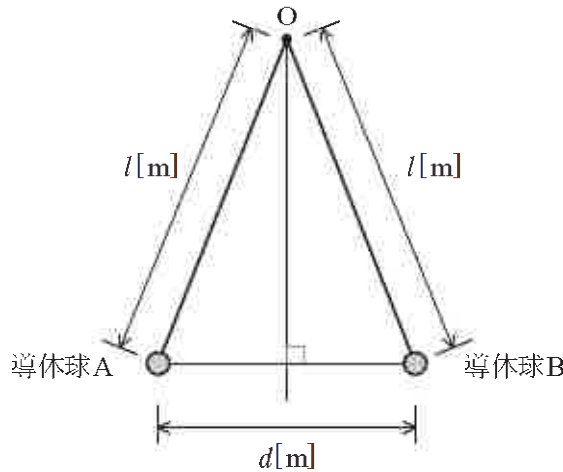
まず、導体球 A 及び B にそれぞれ電荷 Q [C]、 $3Q$ [C] を与えて帯電させたところ、静電力による (7) が生じ、図のように A 及び B の中心点間が d [m] 離れた状態で釣り合った。ただし、導体球の直径は d に比べて十分に小さいとする。このとき、個々の導体球において、静電力 $F =$ (i) [N]、重力 mg [N]、糸の張力 T [N]、の三つの力が釣り合っている。三平方の定理より $F^2 + (mg)^2 = T^2$ が成り立ち、張力の方向を考えると $\frac{F}{T}$ は $\frac{d}{2l}$ に等しい。これらより T を消去し整理

すると、 d が満たす式として、

$$k \left(\frac{d}{2l} \right)^3 = \sqrt{1 - \left(\frac{d}{2l} \right)^2}$$

が導かれる。ただし、係数 $k =$ (v) である。

次に、A と B とを一旦接触させたところ AB 間で電荷が移動し、同電位となった。そして A と B とが力の釣合いの位置に戻った。接触前に比べ、距離 d は (x) した。



上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)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)	(ロ)	(エ)
(1) 反発力	$\frac{3Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{16\pi\epsilon_0 l^2 mg}{3Q^2}$	増加	
(2) 吸引力	$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{4\pi\epsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	増加	
(3) 反発力	$\frac{3Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{4\pi\epsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	増加	
(4) 反発力	$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{16\pi\epsilon_0 l^2 mg}{3Q^2}$	減少	
(5) 吸引力	$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$	$\frac{4\pi\epsilon_0 l^2 mg}{Q^2}$	減少	

問3 次の文章は、強磁性体の応用に関する記述である。

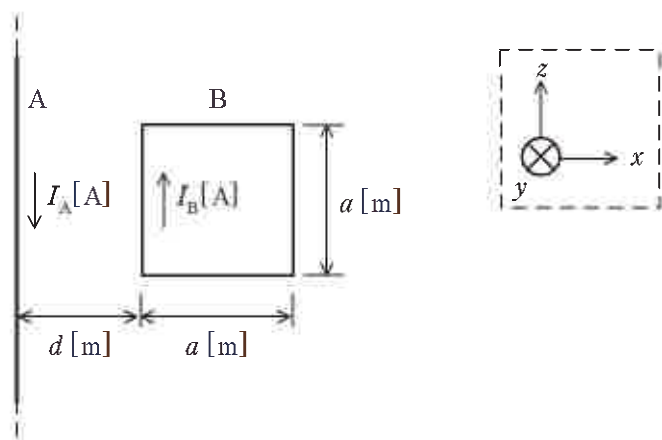
磁界中に強磁性体を置くと、周囲の磁束は、磁束が (ア) 強磁性体の (イ) を通るようになる。このとき、強磁性体を中空にしておくと、中空の部分には外部の磁界の影響がほとんど及ばない。このように、強磁性体でまわりを開んで、磁界の影響が及ばないようにすることを (ウ) という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	通りにくい	内部	磁気遮へい
(2)	通りにくい	外部	磁気遮へい
(3)	通りにくい	外部	静電遮へい
(4)	通りやすい	内部	磁気遮へい
(5)	通りやすい	内部	静電遮へい

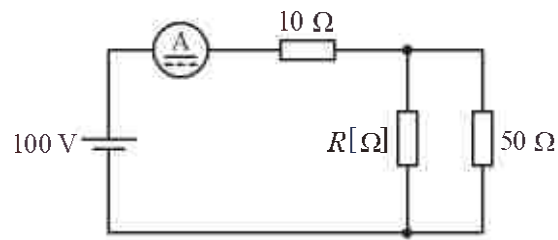
問4 図のように、透磁率 μ_0 [H/m] の真空中に、無限に長い直線状導体 A と 1 辺 a [m] の正方形のループ状導体 B が距離 d [m] を隔てて置かれている。A と B は xz 平面上にあり、A は z 軸と平行、B の各辺は x 軸又は z 軸と平行である。A、B には直流電流 I_A [A]、 I_B [A] が、それぞれ図示する方向に流れている。このとき、B に加わる電磁力として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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。



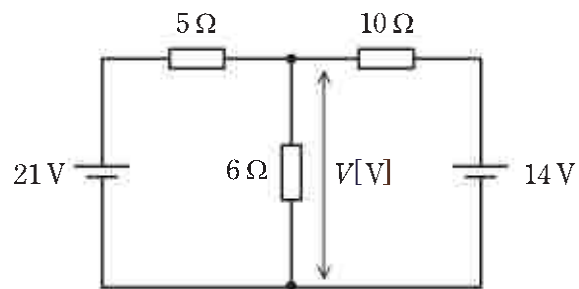
- (1) 0 N つまり電磁力は生じない
- (2) $\frac{\mu_0 I_A I_B a^2}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $+x$ 方向の力
- (3) $\frac{\mu_0 I_A I_B a^2}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $-x$ 方向の力
- (4) $\frac{\mu_0 I_A I_B a(a+2d)}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $+x$ 方向の力
- (5) $\frac{\mu_0 I_A I_B a(a+2d)}{2\pi d(a+d)}$ [N] の $-x$ 方向の力

問5 図に示す直流回路は、100 Vの直流電圧源に直流電流計を介して10 Ωの抵抗が接続され、50 Ωの抵抗と抵抗 $R[\Omega]$ が接続されている。電流計は5 Aを示している。抵抗 $R[\Omega]$ で消費される電力の値[W]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。なお、電流計の内部抵抗は無視できるものとする。



- (1) 2 (2) 10 (3) 20 (4) 100 (5) 200

問6 図のような直流回路において、抵抗 6Ω の端子間電圧の大きさ V の値 [V] として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



1) 2

2) 5

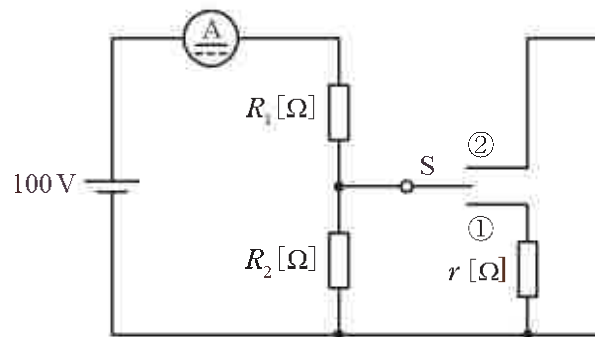
3) 7

4) 12

5) 15

問7 図のように、抵抗、切換スイッチS及び電流計を接続した回路がある。この回路に直流電圧100Vを加えた状態で、図のようにスイッチSを開いたとき電流計の指示値は2.0Aであった。また、スイッチSを①側に閉じたとき電流計の指示値は2.5A、スイッチSを②側に閉じたとき電流計の指示値は5.0Aであった。このとき、抵抗 r の値[Ω]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、電流計の内部抵抗は無視できるものとし、測定誤差はないものとする。



1) 20

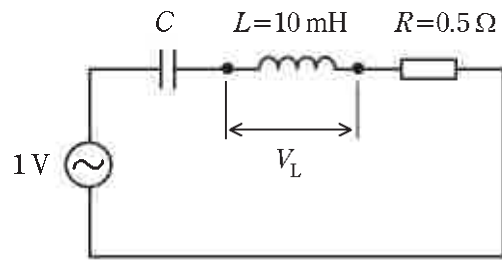
2) 30

3) 40

4) 50

5) 60

問8 図のような交流回路において、電源の周波数を変化させたところ、共振時のインダクタンス L の端子電圧 V_L は 314 V であった。共振周波数の値 $[\text{kHz}]$ として、最も近いものを次の (1)~(5) のうちから一つ選べ。



(1) 2.0

(2) 2.5

(3) 3.0

(4) 3.5

(5) 4.0

問9 次式に示す電圧 e [V] 及び電流 i [A] による電力の値 [kW] として, 最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

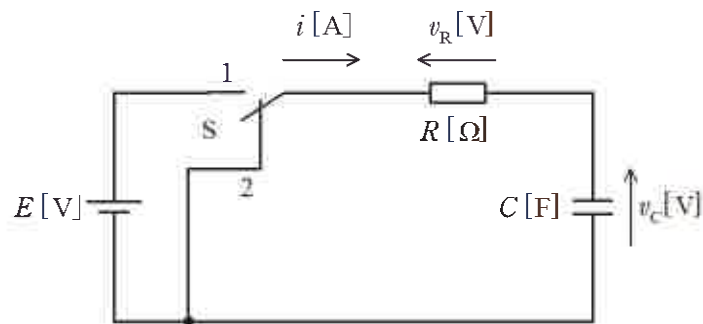
$$e = 100 \sin \omega t + 50 \sin \left(3\omega t - \frac{\pi}{6} \right) \text{ [V]}$$

$$i = 20 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{6} \right) + 10\sqrt{3} \sin \left(3\omega t + \frac{\pi}{6} \right) \text{ [A]}$$

- ㉑) 0.95 ㉒) 1.08 ㉓) 1.16 ㉔) 1.29 ㉕) 1.34

問10 図のように、電圧 E [V] の直流電源、スイッチ S 、抵抗 R [Ω] の抵抗及び静電容量 C [F] のコンデンサからなる回路がある。この回路において、スイッチ S を1側に接続してコンデンサを十分に充電した後、時刻 $t=0$ s でスイッチ S を1側から2側に切り換えた。2側に切り換えた以降の記述として、誤っているものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

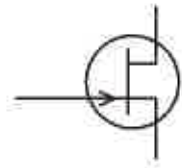
ただし、自然対数の底は、2.718 とする。



- (1) 回路の時定数は、 C の値 [F] に比例する。
- (2) コンデンサの端子電圧 v_C [V] は、 R の値 [Ω] が大きいほど緩やかに減少する。
- (3) 時刻 $t=0$ s から回路の時定数だけ時間が経過すると、コンデンサの端子電圧 v_C [V] は直流電源の電圧 E [V] の 0.368 倍に減少する。
- (4) 抵抗の端子電圧 v_R [V] の値は負である。
- (5) 時刻 $t=0$ s における回路の電流 i [A] は、 C の値 [F] に関係する。

問 11 FET は、半導体の中を移動する多数キャリアを (ア) 電圧により生じる電界によって制御する素子であり、接合形と (イ) 形がある。次の図記号は接合形の (ウ) チャンネル FET を示す。

上記の記述中の空白箇所 (ア)～(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。



(選択肢は右側に記載)

	(7)	(f)	(7)
(1)	ゲート	MOS	n
(2)	ドレイン	MSI	p
(3)	ソース	DIP	n
(4)	ドレイン	MOS	p
(5)	ゲート	DIP	n

問 12 次の文章は、真空中における電子の運動に関する記述である。

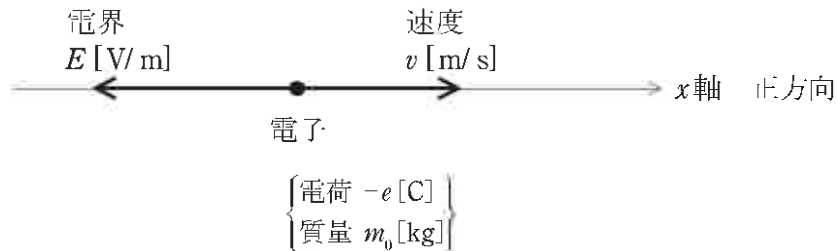
図のように、 x 軸上の負の向きに大きさが一定の電界 E [V/m] が存在しているとき、 x 軸上に電荷が $-e$ [C] (e は電荷の絶対値)、質量 m_0 [kg] の 1 個の電子を置いた場合を考える。 x 軸の正方向の電子の加速度を a [m/s²] とし、また、この電子に加わる力の正方向を x 軸の正方向にとったとき、電子の運動方程式は

$$m_0 a = \boxed{\text{(ア)}} \dots\dots\dots \text{①}$$

となる。①式から電子は等加速度運動をすることがわかる。したがって、電子の初速度を零としたとき、 x 軸の正方向に向かう電子の速度 v [m/s] は時間 t [s] の $\boxed{\text{(イ)}}$ 関数となる。また、電子の走行距離 x_{dis} [m] は時間 t [s] の $\boxed{\text{(ロ)}}$ 関数で表される。さらに、電子の運動エネルギーは時間 t [s] の $\boxed{\text{(エ)}}$ で増加することがわかる。

ただし、電子の速度 v [m/s] はその質量の変化が無視できる範囲とする。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)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。



	(γ)	(ι)	(ϑ)	(ε)
(1)	eE	次	二次	1 乘
(2)	$\frac{1}{2}eE$	二次	一次	1 乘
(3)	eE^2	次	二次	2 乘
(4)	$\frac{1}{2}eE$	三次	一次	2 乘
(5)	eE	次	二次	2 乘

問 13 図に示すように二つの増幅器を縦続接続した回路があり、増幅器 1 の電圧増幅度は 10 である。今、入力電圧 v_i の値として 0.4 mV の信号を加えたとき、出力電圧 v_o の値は 0.4 V であった。増幅器 2 の電圧利得の値 [dB] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



- (1) 10 (2) 20 (3) 40 (4) 50 (5) 60

問 14 固有の名称をもつ SI 組立単位の記号と、これと同じ内容を表す他の表し方の組合せとして、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	SI 組立単位の記号	SI 基本単位及び SI 組立単位による他の表し方
(1)	F	C/V
(2)	W	J/s
(3)	S	A/V
(4)	T	Wb/m ²
(5)	Wb	V/s

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 抵抗 R [Ω]、誘導性リアクタンス X [Ω] からなる平衡三相負荷(力率 80%)に
対称三相交流電源を接続した交流回路がある。次の **㉑** 及び **㉒** の間に答えよ。

㉑ 図1のように、Y結線した平衡三相負荷に線間電圧 210 V の三相電圧を加え
たとき、回路を流れる線電流 I は $\frac{14}{\sqrt{3}}$ A であった。負荷の誘導性リアクタンス
 X の値 [Ω] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

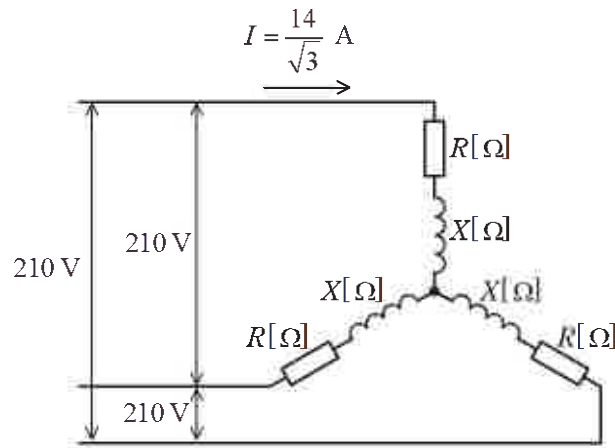


図1

- (1) 4 (2) 5 (3) 9 (4) 12 (5) 15

b) 図1の各相の負荷を使って Δ 結線し、図2のように相電圧200Vの対称三相電源に接続した。この平衡三相負荷の全消費電力の値[kW]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

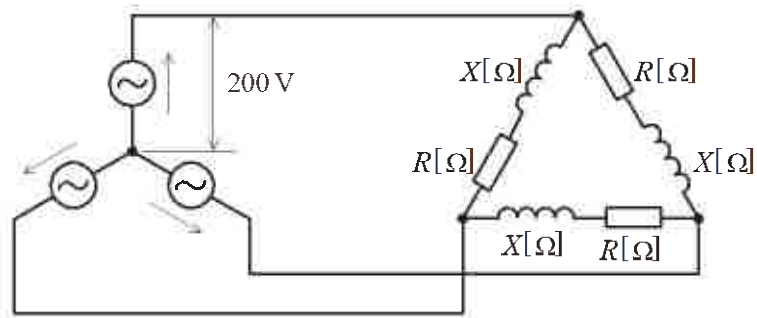
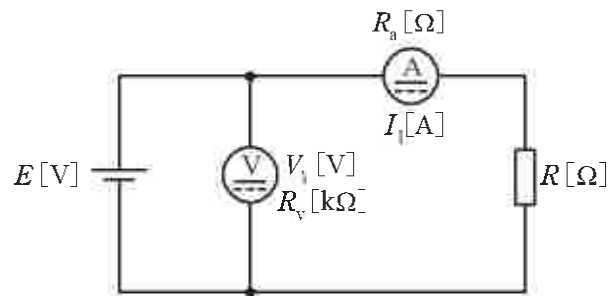


図2

- 1) 8 2) 11.1 3) 13.9 4) 19.2 5) 33.3

問 16 図のように、電源 E [V]、負荷抵抗 R [Ω]、内部抵抗 R_v [$k\Omega$]の電圧計及び内部抵抗 R_a [Ω]の電流計を接続した回路がある。この回路において、電圧計及び電流計の指示値がそれぞれ V_1 [V]、 I_1 [A]であるとき、次の(a)及び(b)の間に答えよ。ただし、電圧計と電流計の指示値の積を負荷抵抗 R [Ω]の消費電力の測定値とする。



(a) 電流計の電力損失の値[W]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) $\frac{V_1^2}{R_a}$

(2) $\frac{V_1^2}{R_a} - I_1^2 R_a$

(3) $\frac{V_1^2}{R_v} + I_1^2 R_a$

(4) $I_1^2 R_a$

(5) $I_1^2 R_a - I_1^2 R_v$

(b) 今、負荷抵抗 $R = 320 \Omega$ ，電流計の内部抵抗 $R_a = 4 \Omega$ が分かっている。

この回路で得られた負荷抵抗 $R [\Omega]$ の消費電力の測定値 $V_1 I_1 [\text{W}]$ に対して、 $R [\Omega]$ の消費電力を真値とするとき、誤差率の値 [%] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.3 (2) 0.8 (3) 0.9 (4) 1.0 (5) 1.2

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。

(選択問題)

問 17 図 1 の端子 a-d 間の合成静電容量について、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

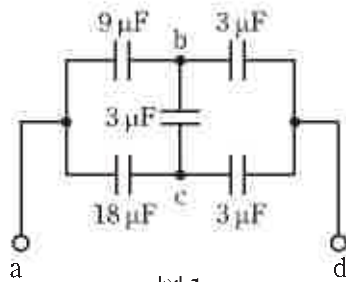


図 1

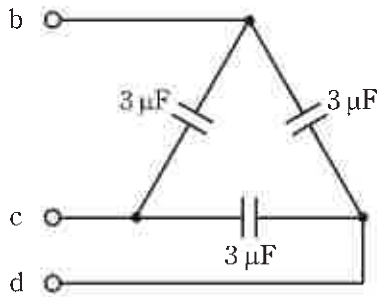


図 2

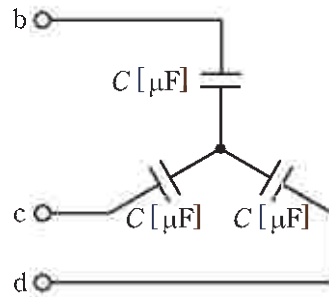


図 3

(a) 端子 b-c-d 間は図 2 のように Δ 結線で接続されている。これを図 3 のように Y 結線に変換したとき、電氣的に等価となるコンデンサ C の値 [μF] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 1.0 (2) 2.0 (3) 4.5 (4) 6.0 (5) 9.0

(b) 図 3 を用いて，図 1 の端子 b-c-d 間を Y 結線回路に変換したとき，図 1 の端子 a-d 間の合成静電容量 C_0 の値 [μF] として，最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 3.0 (2) 4.5 (3) 4.8 (4) 6.0 (5) 9.0

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。

(選択問題)

問 18 図 1 は、飽和領域で動作する接合形 FET を用いた増幅回路を示し、図中の v_i 並びに v_o はそれぞれ、入力と出力の小信号交流電圧[V]を表す。また、図 2 は、その増幅回路で使用する FET のゲート-ソース間電圧 V_{gs} [V] に対するドレーン電流 I_d [mA] の特性を示している。抵抗 $R_G = 1 \text{ M}\Omega$ 、 $R_D = 5 \text{ k}\Omega$ 、 $R_L = 2.5 \text{ k}\Omega$ 、直流電源電圧 $V_{DD} = 20 \text{ V}$ とするとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

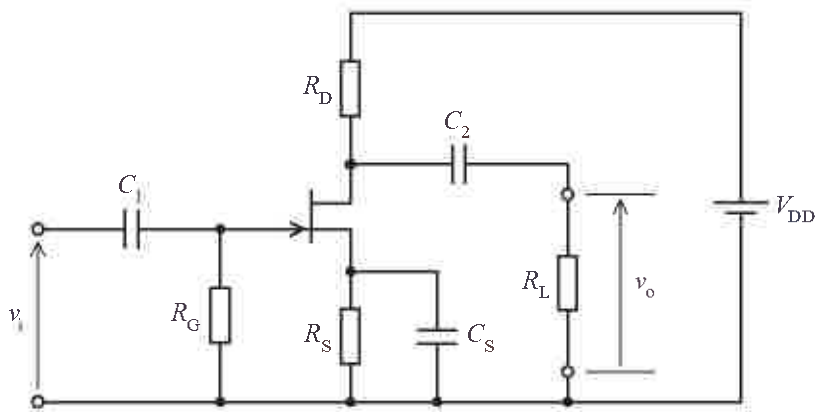


図 1

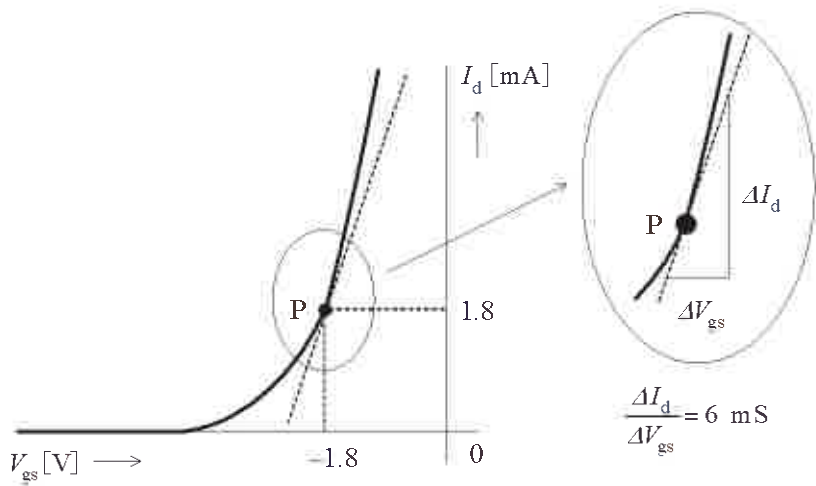


図 2

(a) FET の動作点が図 2 の点 P となる抵抗 R_S の値 [$\text{k}\Omega$] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0.1 (2) 0.3 (3) 0.5 (4) 1 (5) 3

(b) 図 2 の特性曲線の点 P における接線の傾きを読むことで、FET の相互コンダクタンスが $g_m = 6 \text{ mS}$ であるとわかる。この値を用いて、増幅回路の小信号交流等価回路をかくと図 3 となる。ここで、コンデンサ C_1 、 C_2 、 C_S のインピーダンスが使用する周波数で十分に小さいときを考えており、FET の出力インピーダンスが R_D [$\text{k}\Omega$] や R_L [$\text{k}\Omega$] より十分大きいとしている。

この増幅回路の電圧増幅度 $A_v = \left| \frac{v_o}{v_i} \right|$ 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) 10 (2) 30 (3) 50 (4) 100 (5) 300

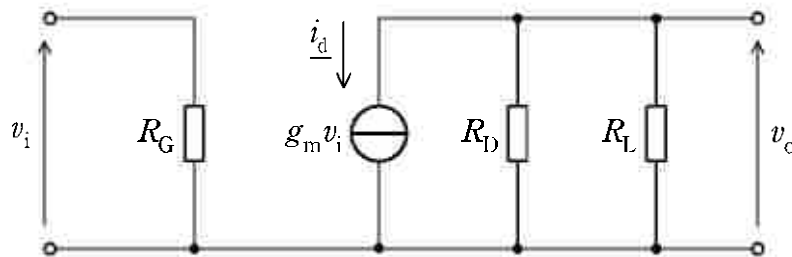


図 3

※ 下線部訂正 $I_d \rightarrow i_d$