

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 $f=50$ 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])

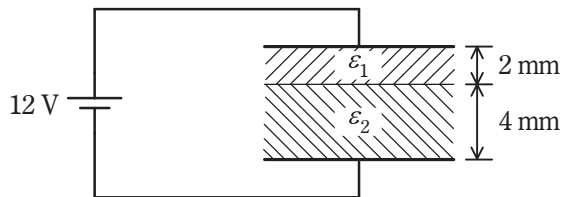
(この問題は持ち帰ってください。また、白紙部分はメモ用紙として使用できます。)

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[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

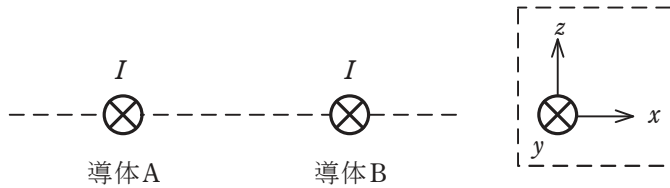
(3) 350

(4) 400

(5) 450

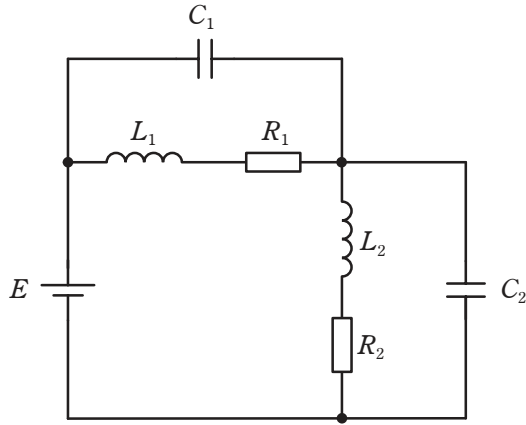
問4 図に示すように、直線導体 A 及び B が y 方向に平行に配置され、両導体と同じ大きさの電流 I が共に $+y$ 方向に流れているとする。このとき、各導体に加わる力の方向について、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

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。



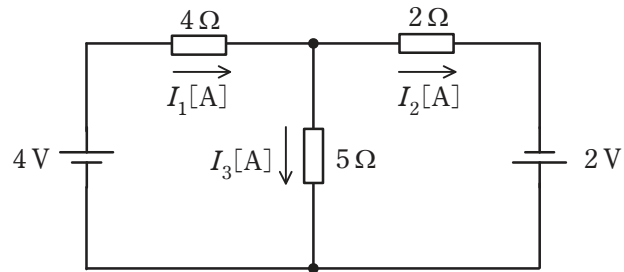
	導体 A	導体 B
(1)	$+x$ 方向	$+x$ 方向
(2)	$+x$ 方向	$-x$ 方向
(3)	$-x$ 方向	$+x$ 方向
(4)	$-x$ 方向	$-x$ 方向
(5)	どちらの導体にも力は働かない。	

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。



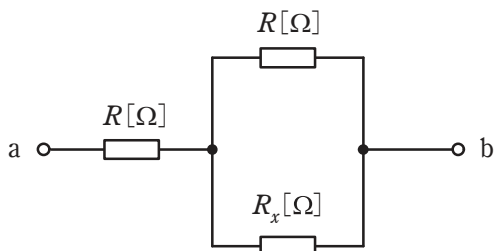
- (1) 0.12 (2) 1.20 (3) 1.32 (4) 1.40 (5) 1.52

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

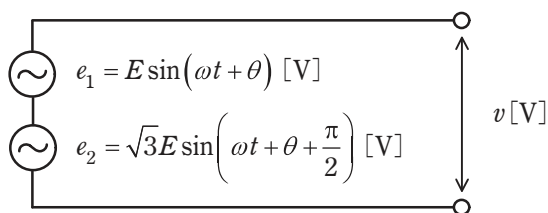
問7 図の抵抗回路において、端子 a, b 間の合成抵抗 R_{ab} の値 $[\Omega]$ は $1.8R[\Omega]$ であった。このとき、抵抗 R_x の値 $[\Omega]$ として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (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 (ア) 倍となり、その位相は e_1 を基準として (イ) [rad] の (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。



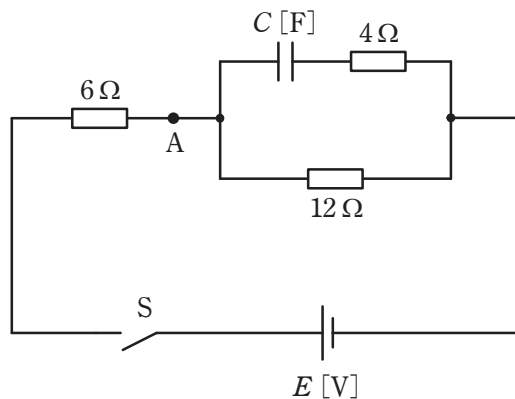
	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	$\frac{1}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	進み
(2)	$1 + \sqrt{3}$	$\frac{\pi}{6}$	遅れ
(3)	2	$\frac{\pi}{3}$	進み
(4)	$\sqrt{3}$	$\frac{\pi}{6}$	遅れ
(5)	2	$\frac{2\pi}{3}$	進み

問9 4Ω 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 Hz の交流電圧 100 V の電源を接続したところ、 20 A の電流が流れた。では、この RC 回路に、周波数 60 Hz の交流電圧 100 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

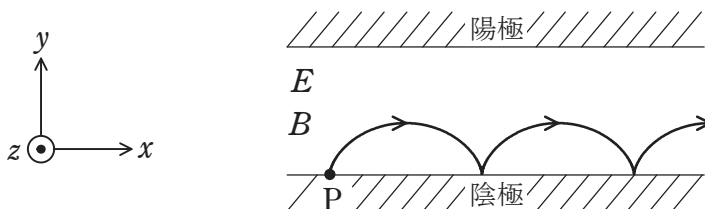
問 11 電界効果トランジスタ(FET)に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (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 (ウ) 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)	(ウ)	(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ー-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。

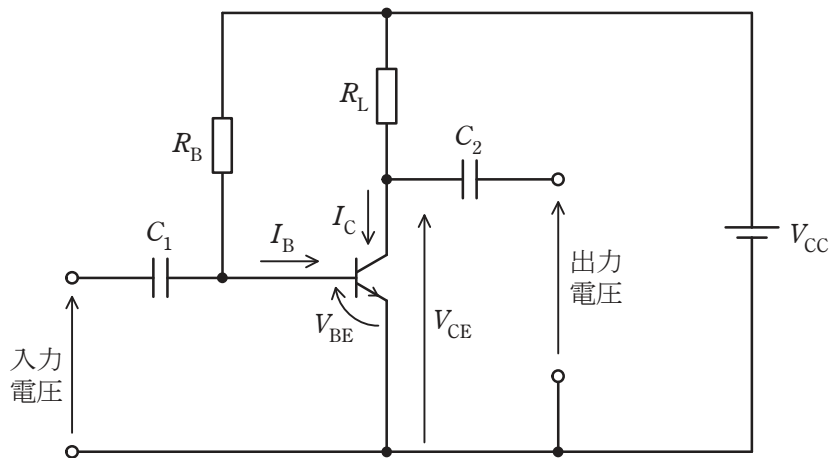


図 1

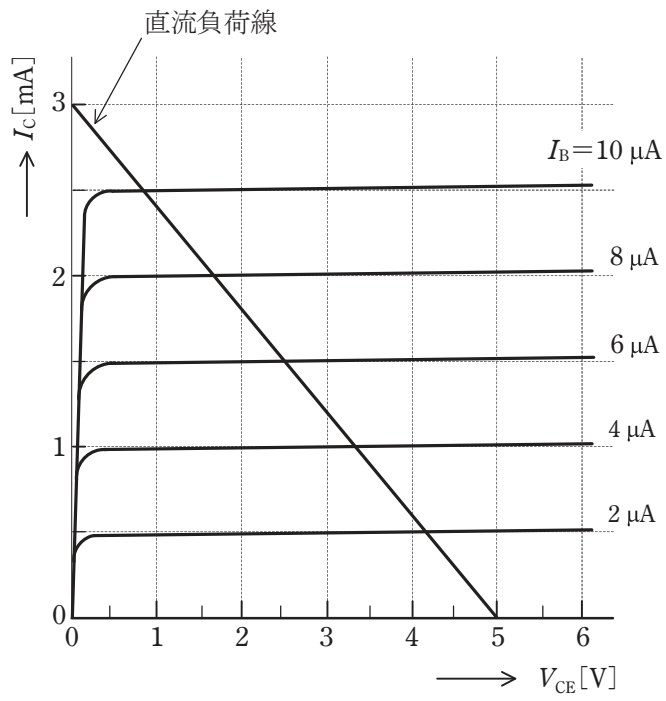


図 2

(1) 0.5

(2) 0.9

(3) 1.5

(4) 3.0

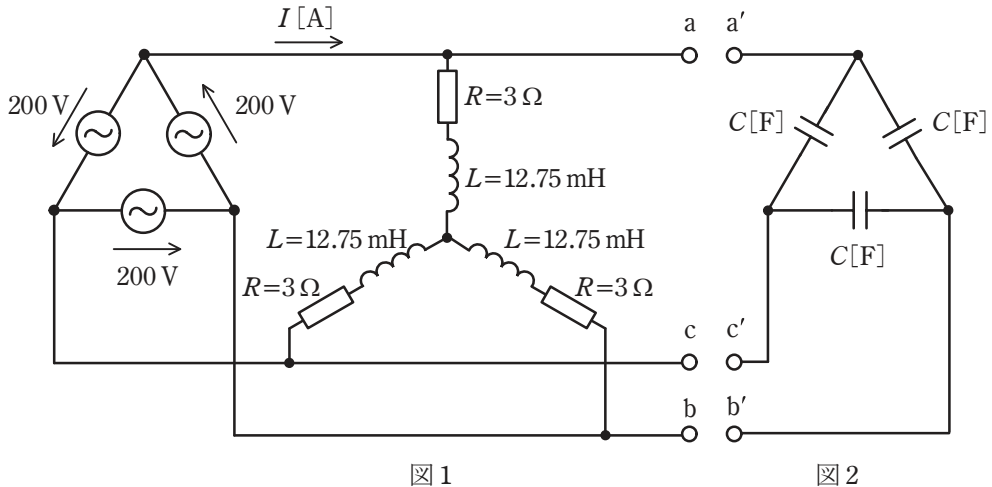
(5) 6.0

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。

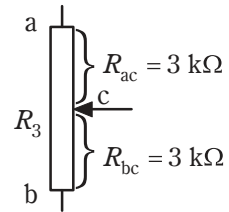
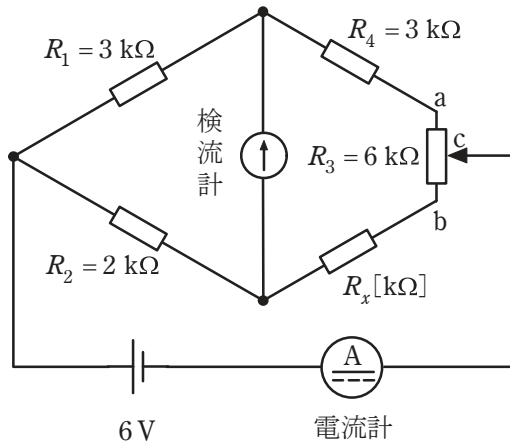
- (1) 22.2 (2) 23.1 (3) 40 (4) 66.6 (5) 69.2

(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。



滑り抵抗器の詳細図

(a) 未知抵抗 R_x の値[k Ω]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。

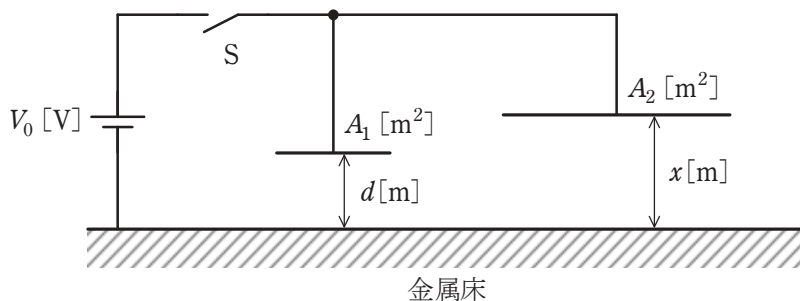
- (1) 0 (2) 0.4 (3) 1.5 (4) 1.7 (5) 2.0

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。

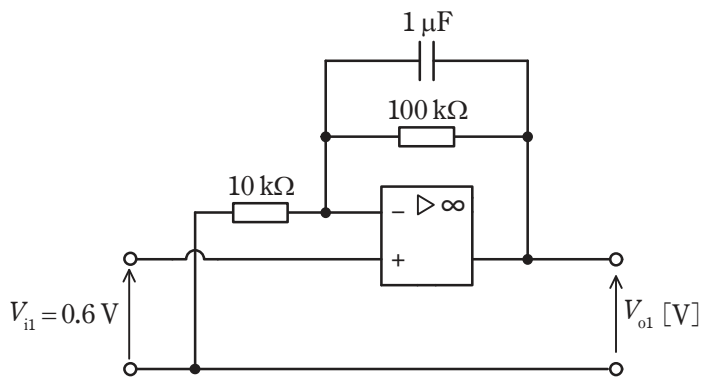


図 1

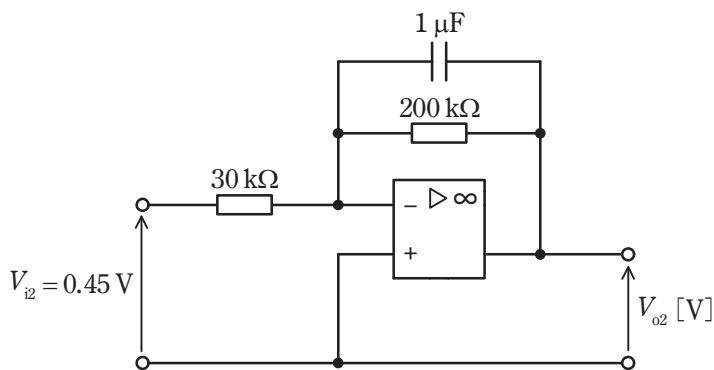


図 2

	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