

令和 5 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 <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。

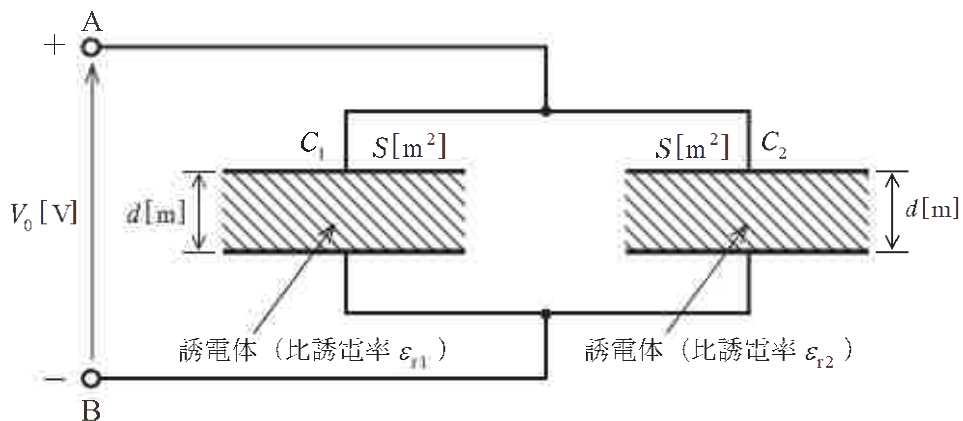
試験問題に関する質問にはお答えできません。

A問題 (配点は1問題当たり5点)

問1 電極板面積と電極板間隔が共に S [m²] と d [m] で、一方は比誘電率が ϵ_{r1} の誘電体からなる平行平板コンデンサ C_1 と、他方は比誘電率が ϵ_{r2} の誘電体からなる平行平板コンデンサ C_2 がある。今、これらを図のように並列に接続し、端子 A、B 間に直流電圧 V_0 [V] を加えた。このとき、コンデンサ C_1 の電極板間の電界の強さを E_1 [V/m]、電束密度を D_1 [C/m²]、また、コンデンサ C_2 の電極板間の電界の強さを E_2 [V/m]、電束密度を D_2 [C/m²] とする。両コンデンサの電界の強さ E_1 [V/m] と E_2 [V/m] はそれぞれ (ア) であり、電束密度 D_1 [C/m²] と D_2 [C/m²] はそれぞれ (イ) である。したがって、コンデンサ C_1 に蓄えられる電荷を Q_1 [C]、コンデンサ C_2 に蓄えられる電荷を Q_2 [C] とすると、それらはそれぞれ (ウ) となる。

ただし、電極板の厚さ及びコンデンサの端効果は、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。

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



	(7)	(1)	(7)
(1)	$E_1 = \frac{\varepsilon_{r1}}{d} V_0$	$D_1 = \frac{\varepsilon_{r1}}{d} S V_0$	$Q_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{\varepsilon_{r2}}{d} V_0$	$D_2 = \frac{\varepsilon_{r2}}{d} S V_0$	$Q_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} S V_0$
(2)	$E_1 = \frac{\varepsilon_{r1}}{d} V_0$	$D_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} V_0$	$Q_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{\varepsilon_{r2}}{d} V_0$	$D_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} V_0$	$Q_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} S V_0$
(3)	$E_1 = \frac{V_0}{d}$	$D_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} S V_0$	$Q_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} V_0$
	$E_2 = \frac{V_0}{d}$	$D_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} S V_0$	$Q_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} V_0$
(4)	$E_1 = \frac{V_0}{d}$	$D_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} V_0$	$Q_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{V_0}{d}$	$D_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} V_0$	$Q_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} S V_0$
(5)	$E_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} S V_0$	$D_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}}{d} V_0$	$Q_1 = \frac{\varepsilon_0}{d} S V_0$
	$E_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} S V_0$	$D_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}}{d} V_0$	$Q_2 = \frac{\varepsilon_0}{d} S V_0$

問2 静電界に関する次の記述のうち、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 媒質中に置かれた正電荷から出る電気力線の本数は、その電荷の大きさに比例し、媒質の誘電率に反比例する。
- (2) 電界中における電気力線は、相互に交差しない。
- (3) 電界中における電気力線は、等電位面と直交する。
- (4) 電界中のある点の電気力線の密度は、その点における電界の強さ(大きさ)を表す。
- (5) 電界中に置かれた導体内部の電界の強さ(大きさ)は、その導体表面の電界の強さ(大きさ)に等しい。

問3 磁気回路における磁気抵抗に関する次の記述のうち、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

1) 磁気抵抗は、次の式で表される。

$$\text{磁気抵抗} = \frac{\text{起磁力}}{\text{磁束}}$$

2) 磁気抵抗は、磁路の断面積に比例する。

3) 磁気抵抗は、比透磁率に反比例する。

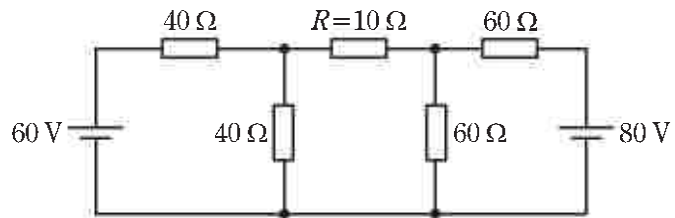
4) 磁気抵抗は、磁路の長さに比例する。

5) 磁気抵抗の単位は、 $[\text{H}^{-1}]$ である。

問4 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。

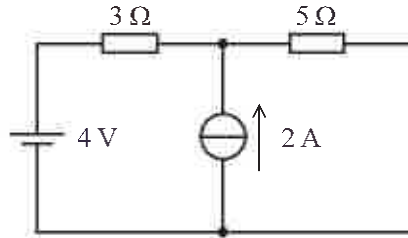
- (1) 1 m 当たりの巻数が N の無限に長いソレノイドに電流 I [A] を流すと、ソレノイドの内部には磁界 $H = NI$ [A/m] が生じる。磁界の大きさは、ソレノイドの寸法や内部に存在する物質の種類に影響されない。
- (2) 均一磁界中において、磁界の方向と直角に置かれた直線状導体に直流電流を流すと、導体には電流の大きさに比例した力が働く。
- (3) 2本の平行な直線状導体に反対向きの電流を流すと、導体には導体間距離の2乗に反比例した反発力が働く。
- (4) フレミングの左手の法則では、親指の向きが導体に働く力の向きを示す。
- (5) 磁気回路において、透磁率は電気回路の導電率に、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 図のような直流回路において、 3Ω の抵抗を流れる電流の値 [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) 0.35

(2) 0.45

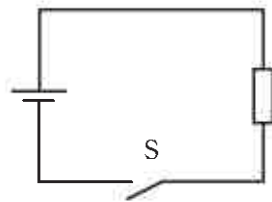
(3) 0.55

(4) 0.65

(5) 0.75

問7 図の回路において、スイッチSを閉じ、直流電源から金属製の抵抗に電流を流したとき、発熱により抵抗の温度が $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ になった。スイッチSを閉じた直後に回路を流れる電流に比べ、抵抗の温度が $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ になったときに回路を流れる電流は、どのように変化するか。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、スイッチSを閉じた直後の抵抗の温度は $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ とし、抵抗の温度係数は一定で $0.005\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ とする。また、直流電源の起電力の大きさは温度によらず一定とし、直流電源の内部抵抗は無視できるものとする。



- (1) 変化しない (2) 50%増加 (3) 33%減少 (4) 50%減少 (5) 33%増加

問8 次の文章は、 RLC 直列共振回路に関する記述である。

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回路がある。

この回路に交流電圧を加え、その周波数を変化させると、特定の周波数 f_r

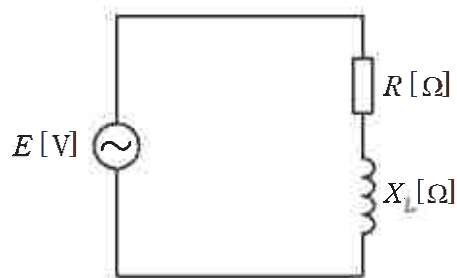
[Hz]のときに誘導性リアクタンス $= 2\pi f_r L$ [Ω]と容量性リアクタンス $= \frac{1}{2\pi f_r C}$

[Ω]の大きさが等しくなり、その作用が互いに打ち消し合って回路のインピーダンスが になり、 電流が流れるようになる。この現象を直列共振といい、このときの周波数 f_r [Hz]をその回路の共振周波数という。回路のリアクタンスは共振周波数 f_r [Hz]より低い周波数では となり、電圧より位相が 電流が流れる。また、共振周波数 f_r [Hz]より高い周波数では となり、電圧より位相が 電流が流れる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(カ)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)	(カ)
(1)	大きく	小さな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(2)	小さく	大きな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(3)	小さく	大きな	容量性	進んだ	誘導性	遅れた
(4)	大きく	小さな	誘導性	遅れた	容量性	進んだ
(5)	小さく	大きな	容量性	遅れた	誘導性	進んだ

問9 図のように、抵抗 R [Ω]と誘導性リアクタンス X_L [Ω]が直列に接続された交流回路がある。 $\frac{R}{X_L} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ の関係があるとき、この回路の力率 $\cos \phi$ 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) 0.43 2) 0.50 3) 0.58 4) 0.71 5) 0.87

問10 図1のように、インダクタンス $L=5\text{H}$ のコイルに直流電流源 J が電流 i [mA] を供給している回路がある。電流 i [mA] は図2のような時間変化をしている。このとき、コイルの端子間に現れる電圧の大きさ $|v|$ の最大値 [V] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

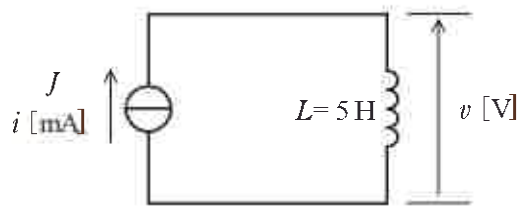


図1

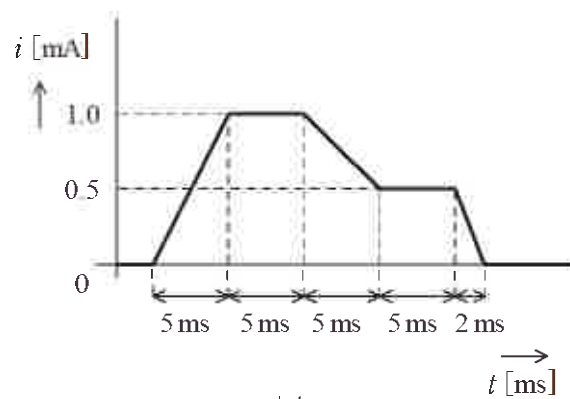


図2

- (1) 0.25 (2) 0.5 (3) 1 (4) 1.25 (5) 1.5

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かけると、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、電界の方向は p 形半導体の方向と (ウ) である。この電界により、電極①-②間にホール電圧 $V_H = R_H \times$ (エ) [V] が発生する。

ただし、 d [m] は半導体の厚さを示し、 R_H は比例定数 [m^3/C] である。

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。

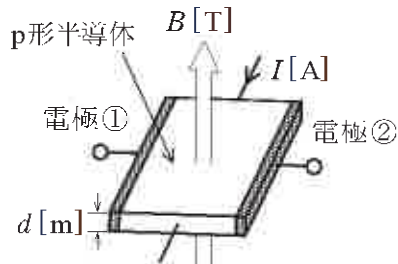


図 1

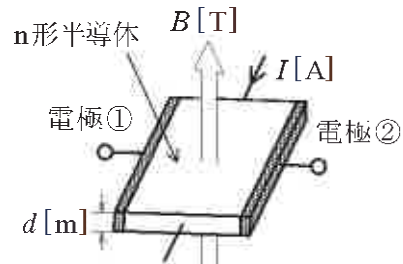
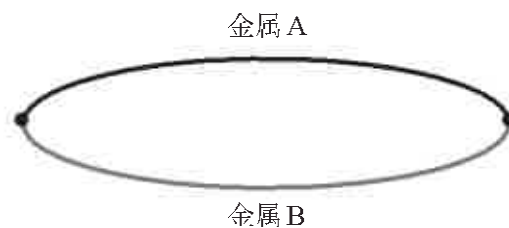


図 2

	(7)	(4)	(5)	(エ)
(1)	負	正	同じ	$\frac{B}{Id}$
(2)	負	正	同じ	$\frac{Id}{B}$
(3)	正	負	同じ	$\frac{d}{BI}$
(4)	負	正	反対	$\frac{BI}{d}$
(5)	正	負	反対	$\frac{BI}{d}$

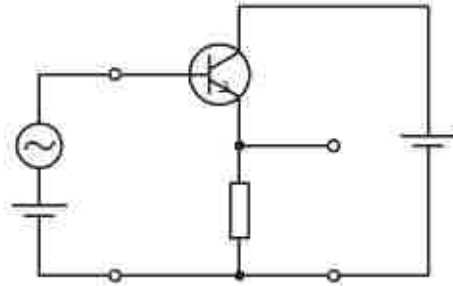
問 12 図のように、異なる 2 種類の金属 A, B で一つの閉回路を作り、その二つの接合点を異なる温度に保てば、(ア)。この現象を(イ)効果という。

上記の記述中の空白箇所 (ア) 及び (イ) 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)
(1)	電流が流れる	ホール
(2)	抵抗が変化する	ホール
(3)	金属の長さが変化する	ゼーベック
(4)	電位差が生じる	ペルチエ
(5)	起電力が生じる	ゼーベック

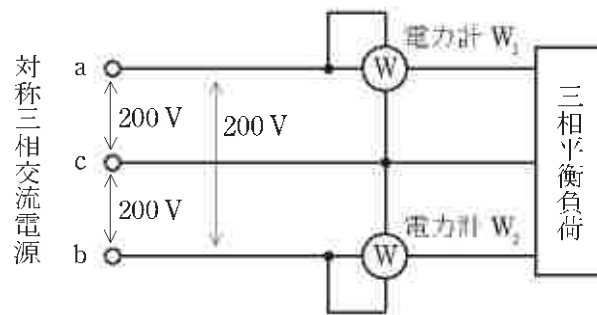
問 13 図のコレクタ接地増幅回路に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 電圧増幅度は約1である。
- (2) 入力インピーダンスが大きい。
- (3) 出力インピーダンスが小さい。
- (4) 緩衝増幅器として使用されることがある。
- (5) 増幅回路内部で発生するひずみが大きい。

問 14 図のように、線間電圧 200 V の対称三相交流電源から三相平衡負荷に供給する電力を二電力計法で測定する。2 台の電力計 W_1 及び W_2 を正しく接続したところ、電力計 W_2 の指針が逆振れを起こした。電力計 W_2 の電圧端子の極性を反転して接続した後、2 台の電力計の指示値は、電力計 W_1 が 490 W、電力計 W_2 が 25 W であった。このときの対称三相交流電源が三相平衡負荷に供給する電力の値 [W] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

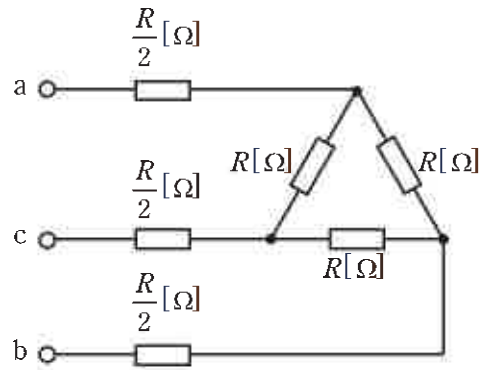
ただし、三相交流電源の相回転は a, b, c の順とし、電力計の電力損失は無視できるものとする。



- (1) 25 (2) 258 (3) 465 (4) 490 (5) 515

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図の平衡三相回路について, 次の **㉑**)及び **㉒**)の問に答えよ。



㉑) 端子 a, c に 100 V の単相交流電源を接続したところ, 回路の消費電力は 200 W であった。抵抗 R 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。

- 1) 0.30 2) 30 3) 33 4) 50 5) 83

㉒) 端子 a, b, c に線間電圧 200 V の対称三相交流電源を接続したときの全消費電力の値 [kW]として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- 1) 0.48 2) 0.80 3) 1.2 4) 1.6 5) 4.0

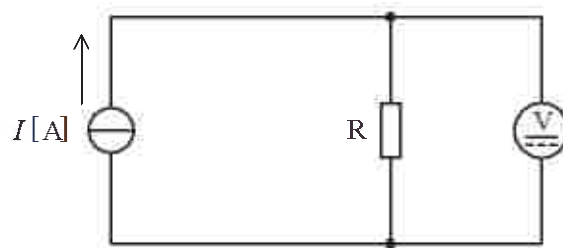
問 16 内部抵抗が $15\text{ k}\Omega$ の 150 V 測定端子と内部抵抗が $10\text{ k}\Omega$ の 100 V 測定端子をもつ永久磁石可動コイル形直流電圧計がある。この直流電圧計を使用して、図のように、電流 $I[\text{A}]$ の定電流源で電流を流して抵抗 R の両端の電圧を測定した。

測定Ⅰ： 150 V の測定端子で測定したところ、直流電圧計の指示値は 101.0 V であった。

測定Ⅱ： 100 V の測定端子で測定したところ、直流電圧計の指示値は 99.00 V であった。

次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

ただし、測定に用いた機器の指示値に誤差はないものとする。



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

- (1) 241 (2) 303 (3) 362 (4) 486 (5) 632

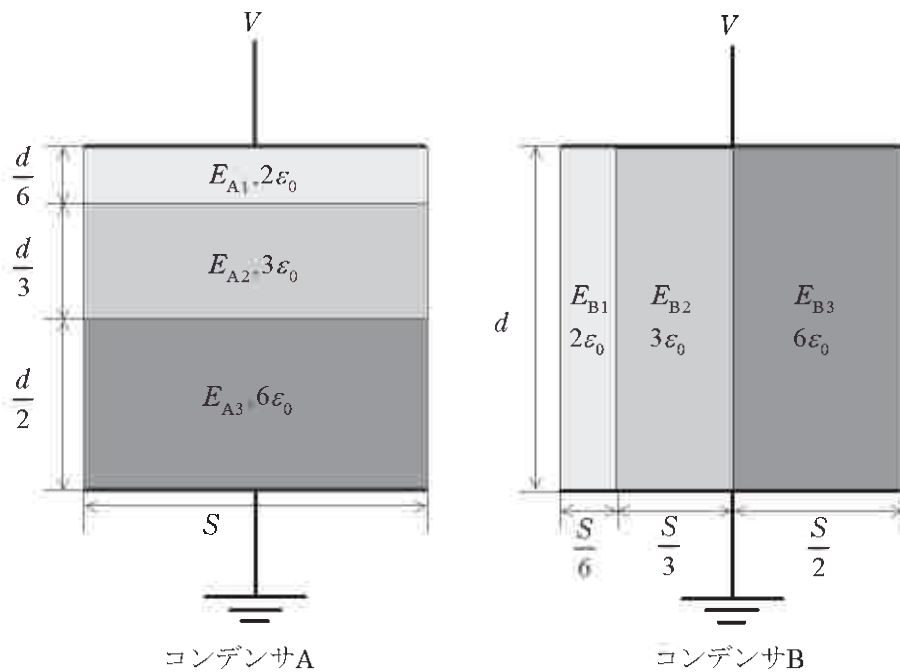
(b) 電流 I の値 $[A]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 0.08 (2) 0.17 (3) 0.25 (4) 0.36 (5) 0.49

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 A 全体の蓄積エネルギーは、コンデンサ B 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 振幅変調について、次の ㉑) 及び ㉒) の間に答えよ。

- ㉑) 図 1 の波形は、正弦波である信号波によって搬送波の振幅を変化させて得られた変調波を表している。この変調波の変調度の値として、最も近いものを次の ㉑) ~ ㉒) のうちから一つ選べ。

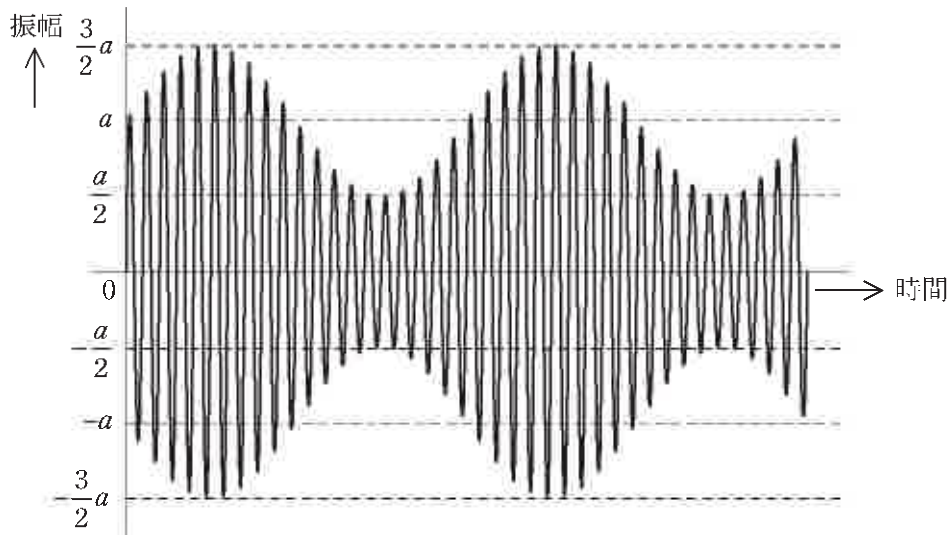


図 1

- ㉑) 0.33 ㉒) 0.5 ㉓) 1.0 ㉔) 2.0 ㉕) 3.0

b) 次の文章は、直線検波回路に関する記述である。

振幅変調した変調波の電圧を、図2の復調回路に入力して復調したい。コンデンサ C [F] と抵抗 R [Ω] を並列接続した合成インピーダンスの両端電圧に求められることは、信号波の成分が (ア) ことと、搬送波の成分が (イ) ことである。そこで、合成インピーダンスの大きさは、信号波の周波数に対してほぼ抵抗 R [Ω] となり、搬送波の周波数に対して十分に (ウ) なくてはならない。

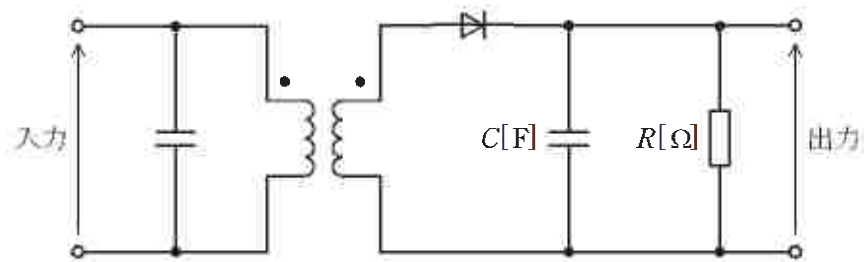


図2

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)	ある	なくなる	大きく
(2)	ある	なくなる	小さく
(3)	なくなる	ある	小さく
(4)	なくなる	なくなる	小さく
(5)	なくなる	ある	大きく

令和 4 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。)

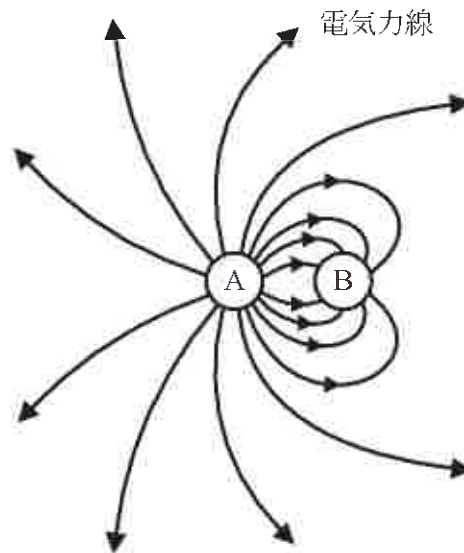
次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

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)

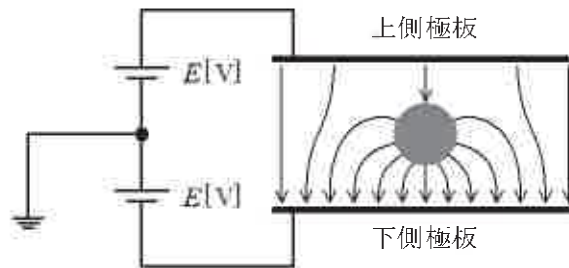
問 1 図に示すように、誘電率 ϵ_0 [F/m] の真空中に置かれた二つの静止導体球 A 及び B がある。電気量はそれぞれ Q_A [C] 及び Q_B [C] とし、図中にその周囲の電気力線が描かれている。

電気量 $Q_A = 16\epsilon_0$ [C] であるとき、電気量 Q_B [C] 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) $16\epsilon_0$ (2) $8\epsilon_0$ (3) $-4\epsilon_0$ (4) $-8\epsilon_0$ (5) $-16\epsilon_0$

問2 図のように、平行板コンデンサの上下極板に挟まれた空間の中心に、電荷 $Q[\text{C}]$ を帯びた導体球を保持し、上側極板の電位が $E[\text{V}]$ 、下側極板の電位が $-E[\text{V}]$ となるように電圧源をつないだ。ただし、 $E > 0$ とする。同図に、二つの極板と導体球の間の電気力線の様子を示している。



このとき、電荷 $Q[\text{C}]$ の符号と導体球の電位 $U[\text{V}]$ について、正しい記述のものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) $Q > 0$ であり、 $0 < U < E$ である。
- (2) $Q > 0$ であり、 $U = E$ である。
- (3) $Q > 0$ であり、 $0 < E < U$ である。
- (4) $Q < 0$ であり、 $U < -E$ である。
- (5) $Q < 0$ であり、 $-E < U < 0$ である。

問3 無限に長い直線状導体に直流電流を流すと、導体の周りに磁界が生じる。この磁界中に小磁針を置くと、小磁針の (ア) は磁界の向きを指して静止する。そこで、小磁針を磁界の向きに沿って少しずつ動かしていくと、導体を中心とした (イ) の線が得られる。この線に沿って磁界の向きに矢印をつけたものを (ウ) という。

また、磁界の強さを調べてみると、電流の大きさに比例し、導体からの (エ) に反比例している。

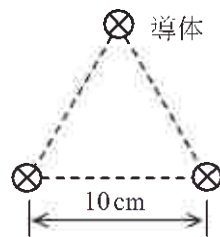
上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	N 極	放射状	電気力線	距離の 2 乗
(2)	N 極	同心円状	電気力線	距離の 2 乗
(3)	S 極	放射状	磁力線	距離
(4)	N 極	同心円状	磁力線	距離
(5)	S 極	同心円状	磁力線	距離の 2 乗

問4 図のように、無限に長い3本の直線状導体が真空中に10 cmの間隔で正三角形の頂点の位置に置かれている。3本の導体にそれぞれ7 Aの直流電流を同一方向に流したとき、各導体1 m 当たりに働く力の大きさ F_0 の値[N/m]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

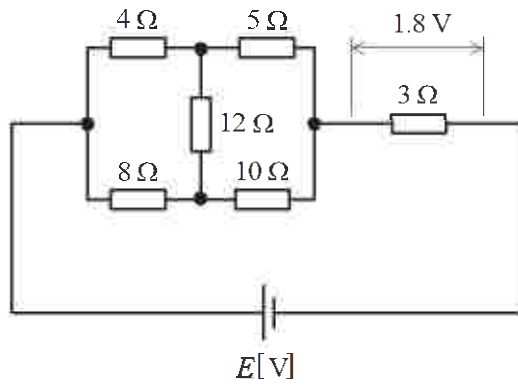
ただし、無限に長い2本の直線状導体を r [m]離して平行に置き、2本の導体にそれぞれ I [A]の直流電流を同一方向に流した場合、各導体1 m 当たりに働く力の大きさ F の値[N/m]は、次式で与えられるものとする。

$$F = \frac{2I^2}{r} \times 10^{-7}$$



- (1) 0 (2) 9.80×10^{-5} (3) 1.70×10^{-4} (4) 1.96×10^{-4} (5) 2.94×10^{-4}

問5 図のような直流回路において、抵抗 $3\ \Omega$ の端子間の電圧が $1.8\ \text{V}$ であった。このとき、電源電圧 $E[\text{V}]$ 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) 1.8 (2) 3.6 (3) 5.4 (4) 7.2 (5) 10.4

問6 電圧 E [V] の直流電源と静電容量 C [F] の二つのコンデンサを接続した図1、図2のような二つの回路に関して、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

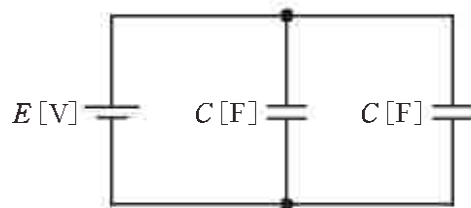


図1

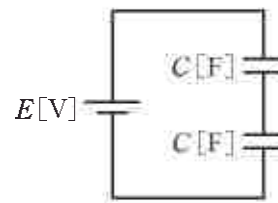


図2

- (1) 図1の回路のコンデンサの合成静電容量は、図2の回路の4倍である。
- (2) コンデンサ全体に蓄えられる電界のエネルギーは、図1の回路の方が図2の回路より大きい。
- (3) 図2の回路に、さらに静電容量 C [F] のコンデンサを直列に二つ追加して、四つのコンデンサが直列になるようにすると、コンデンサ全体に蓄えられる電界のエネルギーが図1と等しくなる。
- (4) 図2の回路の電源電圧を2倍にすると、コンデンサ全体に蓄えられる電界のエネルギーが図1の回路と等しくなる。
- (5) 図1のコンデンサー一つあたりに蓄えられる電荷は、図2のコンデンサー一つあたりに蓄えられる電荷の2倍である。

問7 20℃における抵抗値が R_1 [Ω]、抵抗温度係数が α_1 [°C⁻¹]の抵抗器Aと20℃における抵抗値が R_2 [Ω]、抵抗温度係数が $\alpha_2 = 0$ °C⁻¹の抵抗器Bが並列に接続されている。その20℃と21℃における並列抵抗値をそれぞれ r_{20} [Ω]、 r_{21} [Ω]とし、 $\frac{r_{21} - r_{20}}{r_{20}}$ を変化率とする。この変化率として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

$$(1) \frac{\alpha_1 R_1 R_2}{R_1 + R_2 + \alpha_1^2 R_1}$$

$$(2) \frac{\alpha_1 R_2}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_1}$$

$$(3) \frac{\alpha_1 R_1}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_1}$$

$$(4) \frac{\alpha_1 R_2}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_2}$$

$$(5) \frac{\alpha_1 R_1}{R_1 + R_2 + \alpha_1 R_2}$$

問8 次の文章は、交流における波形率、波高率に関する記述である。

波形率とは、実効値の $\boxed{\text{(ア)}}$ に対する比(波形率 = $\frac{\text{実効値}}{\boxed{\text{(ア)}}}$)をいう。波形率

の値は波形によって異なり、正弦波と比較して、三角波のようにとがっていれば、波形率の値は $\boxed{\text{(イ)}}$ なり、方形波のように平らであれば、波形率の値は $\boxed{\text{(ロ)}}$ なる。

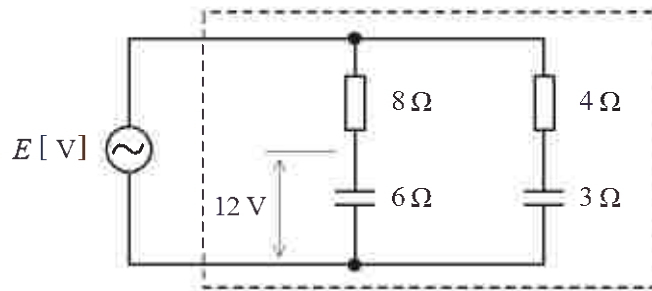
波高率とは、 $\boxed{\text{(エ)}}$ の実効値に対する比(波高率 = $\frac{\boxed{\text{(エ)}}}{\text{実効値}}$)をいう。波高率

の値は波形によって異なり、正弦波と比較して、三角波のようにとがっていれば、波高率の値は $\boxed{\text{(オ)}}$ なり、方形波のように平らであれば、波高率の値は $\boxed{\text{(カ)}}$ なる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(カ)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)	(カ)
(1)	平均値	大きく	小さく	最大値	大きく	小さく
(2)	最大値	大きく	小さく	平均値	大きく	小さく
(3)	平均値	小さく	大きく	最大値	小さく	大きく
(4)	最大値	小さく	大きく	平均値	小さく	大きく
(5)	最大値	大きく	大きく	平均値	小さく	小さく

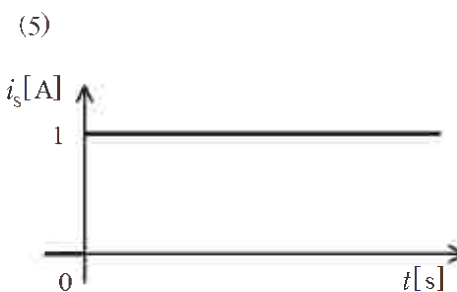
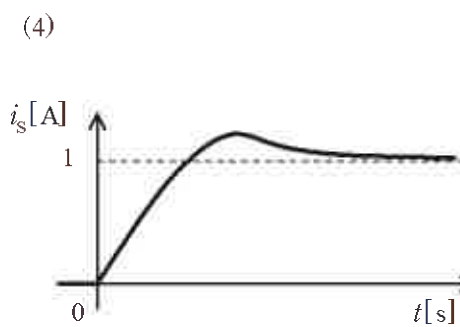
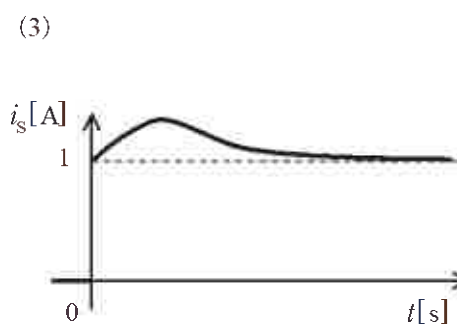
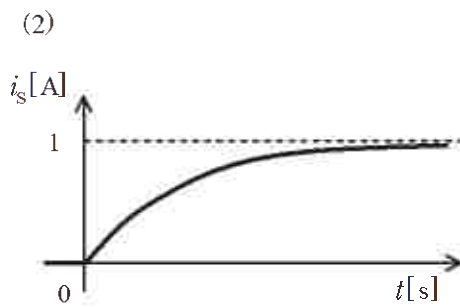
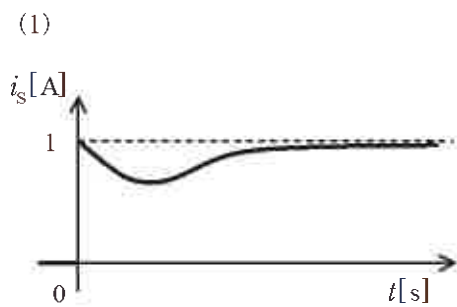
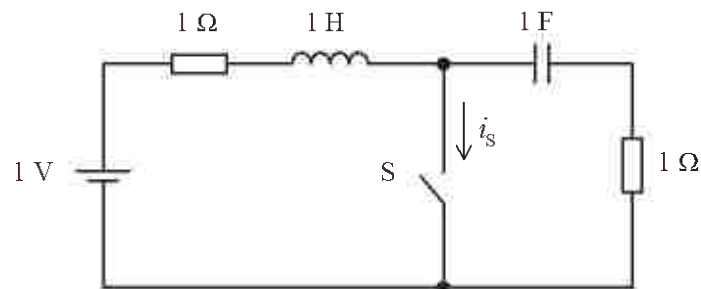
問9 図のようなRC交流回路がある。この回路に正弦波交流電圧 E [V]を加えたとき、容量性リアクタンス 6Ω のコンデンサの端子間電圧の大きさは 12V であった。このとき、 E [V]と図の破線で囲んだ回路で消費される電力 P [W]の値の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



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

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、それぞれのダイオードについて述べたものである。

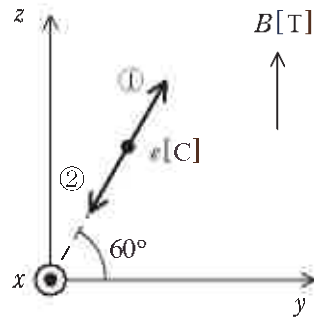
- a. 可変容量ダイオードは、通信機器の同調回路などに用いられる。このダイオードは、pn 接合に (ア) 電圧を加えて使用するものである。
- b. pn 接合に (イ) 電圧を加え、その値を大きくしていくと、降伏現象が起きる。この降伏電圧付近では、流れる電流が変化しても接合両端の電圧はほぼ一定に保たれる。定電圧ダイオードは、この性質を利用して所定の定電圧を得るようにつくられたダイオードである。
- c. レーザダイオードは光通信や光情報機器の光源として利用され、pn 接合に (ウ) 電圧を加えて使用するものである。

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)	逆方向	順方向	逆方向
(2)	順方向	逆方向	順方向
(3)	逆方向	逆方向	逆方向
(4)	順方向	順方向	逆方向
(5)	逆方向	逆方向	順方向

問 12 図のように、 z 軸の正の向きに磁束密度 $B = 1.0 \times 10^{-3}$ T の平等磁界が存在する真空の空間において、電気量 $e = -4.0 \times 10^{-6}$ C の荷電粒子が yz 平面上を y 軸から 60° の角度で①又は②の向きに速さ v [m/s] で発射された。この瞬間、荷電粒子に働くローレンツ力 F の大きさは 1.0×10^{-8} N、その向きは x 軸の正の向きであった。荷電粒子の速さ v に最も近い値 [m/s] とその向きの組合せとして、正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし、重力の影響は無視できるものとする。図中の \odot は、紙面に対して垂直かつ手前の向きを表す。



	速さ v	向き
(1)	2.5	①
(2)	2.9	①
(3)	5.0	①
(4)	2.9	②
(5)	5.0	②

問 13 図 1 は、正弦波を出力しているある発振回路の構造を示している。この発振回路の帰還回路の出力端子と増幅回路の入力端子との接続を切り離し、図 2 のように適当な周波数の正弦波 V_i を増幅回路に入力すると、次の二つの条件が同時に満たされている。

1. 増幅回路の入力電圧 V_i と帰還回路の出力電圧 V_f が (γ) である。

2. 増幅回路の増幅度 $\left| \frac{V_o}{V_i} \right|$ を A 、帰還回路の帰還率 $\left| \frac{V_f}{V_o} \right|$ を β と表すとき、 (δ)

である。

図 1 で示される発振回路は、条件 1 より (η) 回路である。

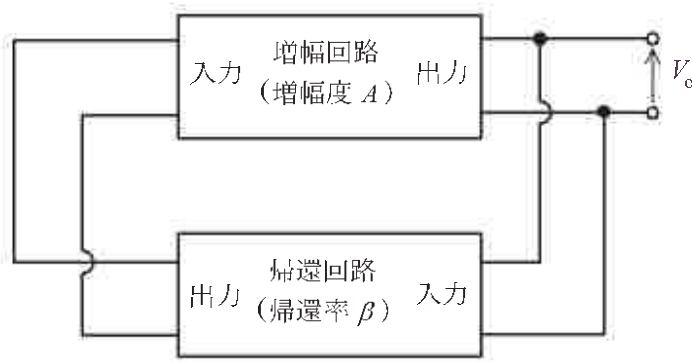


図 1



図 2

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。

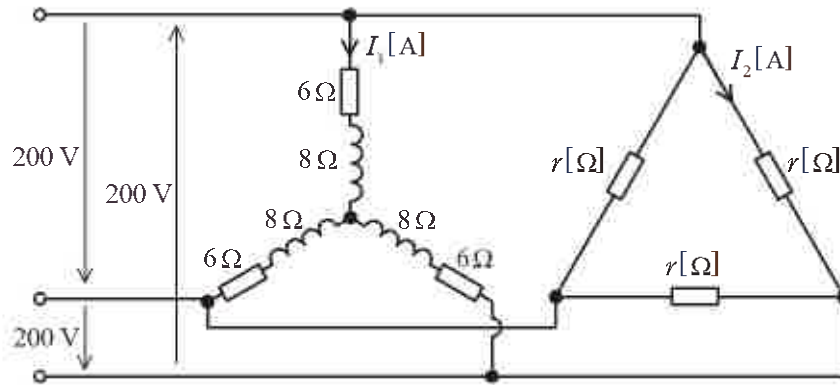
	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	同相	$A\beta \geq 1$	正帰還
(2)	逆相	$A\beta \leq 1$	負帰還
(3)	同相	$A\beta < 1$	負帰還
(4)	逆相	$A\beta \geq 1$	正帰還
(5)	同相	$A\beta < 1$	正帰還

問 14 データ変換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) アナログ量を忠実に再現するために必要な標本化の周期の上限は、再現したいアナログ量の最高周波数により決まる。
- (2) 量子化において、一般には数値に誤差が生じる。
- (3) 符号化では、量子化された数値が2進符号などのデジタル信号に変換される。
- (4) デジタル量は、伝送路の環境変化や伝送路で混入する雑音に強い。
- (5) デジタルオシロスコープで変化する電圧の波形を表示するには、その電圧をアナログ→デジタル変換してからコンピュータでFFT演算を行い、その結果を出力する。

B問題(配点は1問題当たり(a)5点, (b)5点, 計10点)

問15 図のように, 抵抗 6Ω と誘導性リアクタンス 8Ω をY結線し, 抵抗 $r[\Omega]$ を Δ 結線した平衡三相負荷に, 200V の対称三相交流電源を接続した回路がある。抵抗 6Ω と誘導性リアクタンス 8Ω に流れる電流の大きさを $I_1[\text{A}]$, 抵抗 $r[\Omega]$ に流れる電流の大きさを $I_2[\text{A}]$ とする。電流 $I_1[\text{A}]$ と $I_2[\text{A}]$ の大きさが等しいとき, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 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) 6.0 (2) 10.0 (3) 11.5 (4) 17.3 (5) 19.2

(b) 図中の回路が消費する電力の値 $[\text{kW}]$ として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 2.4 (2) 3.1 (3) 4.0 (4) 9.3 (5) 10.9

問 16 最大目盛 50 A, 内部抵抗 $0.8 \times 10^{-3} \Omega$ の直流電流計 A_1 と最大目盛 100 A, 内部抵抗 $0.32 \times 10^{-3} \Omega$ の直流電流計 A_2 の二つの直流電流計がある。次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし, 二つの直流電流計は直読式指示電気計器であるとし, 固有誤差はないものとする。

(a) 二つの直流電流計を並列に接続して使用したとき, 測定できる電流の最大の値[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) 40 (2) 50 (3) 100 (4) 132 (5) 140

(b) 小問(a)での接続を基にして, 直流電流 150 A の電流を測定するために, 二つの直流電流計の指示を最大目盛にして測定したい。そのためには, 直流電流計 A_2 に抵抗 $R[\Omega]$ を直列に接続することで, 各直流電流計の指示を最大目盛にして測定することができる。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) 3.2×10^{-5} (2) 5.6×10^{-5} (3) 8×10^{-5} (4) 11.2×10^{-5} (5) 13.6×10^{-5}

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、導体球間の距離の 2 乗に反比例する。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

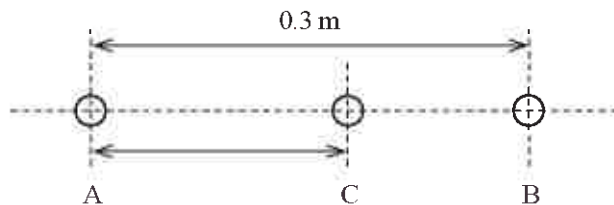
ただし、両導体球の大きさは 0.3 m に比べて極めて小さいものとする。

(a) この場合の比例定数を求める目的で、導体球 A に $+2 \times 10^{-8}$ C、導体球 B に $+3 \times 10^{-8}$ 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 6×10^{-5} N の反発力が働いた。この結果から求められる比例定数 $[N \cdot m^2 / C^2]$ 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。

- (1) 3×10^9 (2) 6×10^9 (3) 8×10^9 (4) 9×10^9 (5) 15×10^9

(b) 小問 (a) の導体球 A, B を、電荷を保持したままで 0.3 m の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 を図のように導体球 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 [m] で表したとき、その距離に最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。



- (1) 0.095 (2) 0.105 (3) 0.115 (4) 0.124 (5) 0.135

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 の回路は、電流帰還バイアス回路に結合容量を介して、微小な振幅の交流電圧を加えている。この入力電圧の振幅が $A_1 = 100 \text{ mV}$ 、角周波数が $\omega = 10\,000 \text{ rad/s}$ で、時刻 $t[\text{s}]$ に対して $v_1(t)[\text{mV}]$ が $v_1(t) = A_1 \sin \omega t$ と表されるとき、次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

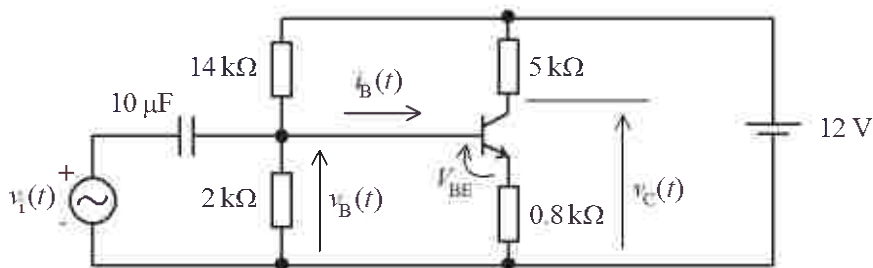


図 1

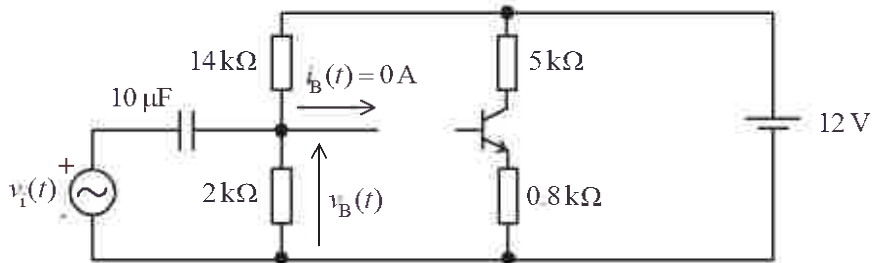


図 2

(a) 次の文章は、電圧 $v_B(t)$ に関する記述である。

トランジスタのベース端子に流れ込む電流 $i_B(t)$ が十分に小さいとき、ベース端子を切り離しても $2 \text{ k}\Omega$ の抵抗の電圧は変化しない。そこで、図 2 の回路で考え、さらに重ね合わせの理を用いることで、電圧 $v_B(t)$ を求める。まず、 $v_1(t) = 0 \text{ V}$ とすることで、直流電圧 $V_B = \boxed{(7)}$ V が求められる。次に、直流電圧源の値

を 0V とし、コンデンサのインピーダンスが $2\text{k}\Omega$ より十分に小さいと考えると、交流電圧 $v_B(t)$ の振幅 $A_B = \boxed{\text{(イ)}} \text{ mV}$ と初期位相 $\theta_B = \boxed{\text{(ウ)}} \text{ rad}$ が求められる。以上より、 $v_B(t) = V_B + A_B \sin(\omega t + \theta_B)$ と表すことができる。

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、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	0.8	71	0
(2)	0.8	100	$\frac{\pi}{4}$
(3)	1.5	71	$\frac{\pi}{4}$
(4)	1.5	100	0
(5)	1.5	71	0

(b) 図1の回路の電圧 $v_C(t)$ を求め、適当な定数 V_C 、 A_C 、 θ_C を用いて

$v_C(t) = V_C + A_C \sin(\omega t + \theta_C)$ と表す。 V_C 、 A_C 、 θ_C に最も近い値の組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、ベース・エミッタ間電圧は常に 0.7V であると近似して考えてよい。

	$V_C[\text{V}]$	$A_C[\text{V}]$	$\theta_C[\text{rad}]$
(1)	5	0.6	0
(2)	5	6	0
(3)	5	6	π
(4)	7	0.6	π
(5)	7	6	π

令和 4 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 <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。

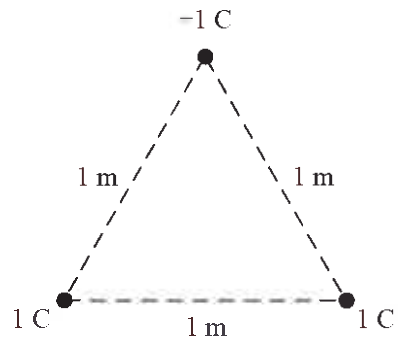
A 問題 (配点は 1 問題当たり 5 点)

問 1 面積がともに S [m²] で円形の二枚の電極板 (導体平板) を、互いの中心が一致するように間隔 d [m] で平行に向かい合わせて置いた平行板コンデンサがある。電極板間は誘電率 ϵ [F/m] の誘電体で一様に満たされ、電極板間の電位差は電圧 V [V] の直流電源によって一定に保たれている。この平行板コンデンサ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。

ただし、コンデンサの端効果は無視できるものとする。

- (1) 誘電体内の等電位面は、電極板と誘電体の境界面に対して平行である。
- (2) コンデンサに蓄えられる電荷量は、誘電率が大きいほど大きくなる。
- (3) 誘電体内の電界の大きさは、誘電率が大きいほど小さくなる。
- (4) 誘電体内の電束密度の大きさは、電極板の単位面積当たりの電荷量の大きさに等しい。
- (5) 静電エネルギーは誘電体内に蓄えられ、電極板の面積を大きくすると静電エネルギーは増大する。

問2 真空中において、図に示すように一辺の長さが1 mの正三角形の各頂点に1 C又は-1 Cの点電荷がある。この場合、正の点電荷に働く力の大きさ F_1 [N]と、負の点電荷に働く力の大きさ F_2 [N]の比 F_2/F_1 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。

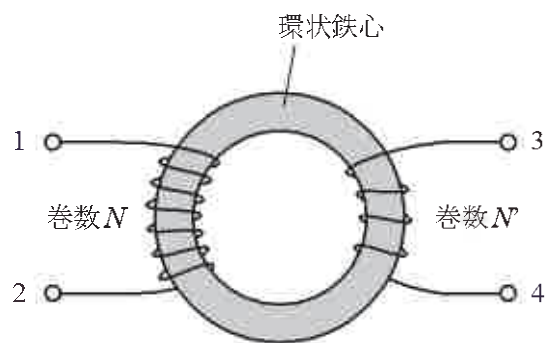


- (1) $\sqrt{2}$ (2) 1.5 (3) $\sqrt{3}$ (4) 2 (5) $\sqrt{5}$

問3 図のような環状鉄心に巻かれたコイルがある。

図の環状コイルについて、

- ・端子1-2間の自己インダクタンスを測定したところ、40 mHであった。
- ・端子3-4間の自己インダクタンスを測定したところ、10 mHであった。
- ・端子2と3を接続した状態で端子1-4間のインダクタンスを測定したところ、86 mHであった。



このとき、端子1-2間のコイルと端子3-4間のコイルとの間の結合係数 k 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) 0.81 (2) 0.90 (3) 0.95 (4) 0.98 (5) 1.8

問4 図1のように、磁束密度 $B=0.02\text{ T}$ の一様な磁界の中に長さ 0.5 m の直線状導体が磁界の方向と直角に置かれている。図2のようにこの導体が磁界と直角を維持しつつ磁界に対して 60° の角度で、二重線の矢印の方向に 0.5 m/s の速さで移動しているとき、導体に生じる誘導起電力 e の値 $[\text{mV}]$ 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、静止した座標系から見て、ローレンツ力による起電力が発生しているものとする。

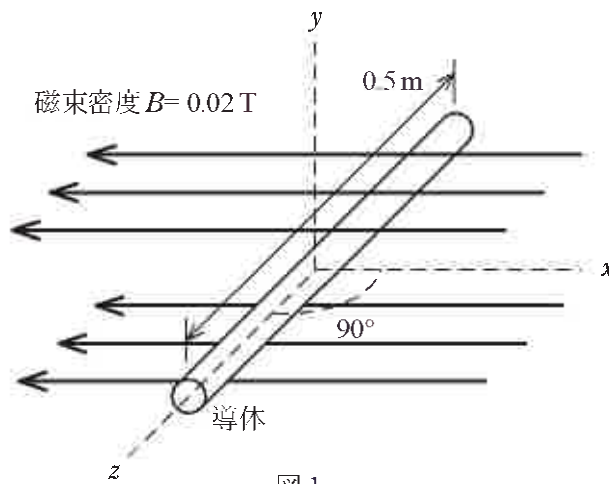


図1

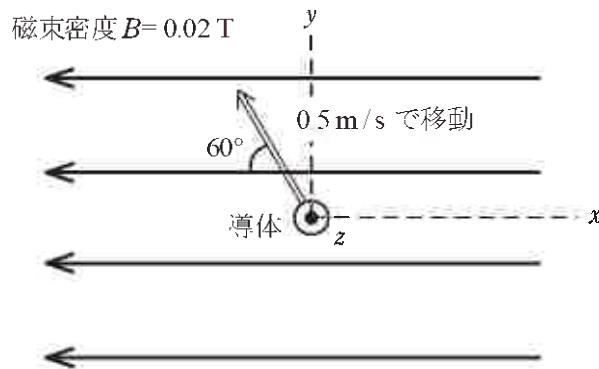


図2

- (1) 2.5 (2) 3.0 (3) 4.3 (4) 5.0 (5) 8.6

問5 図1のように、二つの抵抗 $R_1 = 1\Omega$, $R_2 [\Omega]$ と電圧 $V[V]$ の直流電源からなる回路がある。この回路において、抵抗 $R_2 [\Omega]$ の両端の電圧値が 100V 、流れる電流 I_2 の値が 5A であった。この回路に図2のように抵抗 $R_3 = 5\Omega$ を接続したとき、抵抗 $R_3 [\Omega]$ に流れる電流 I_3 の値 $[\text{A}]$ として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

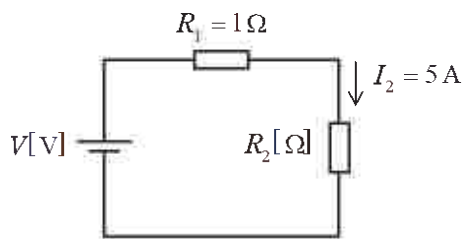


図1

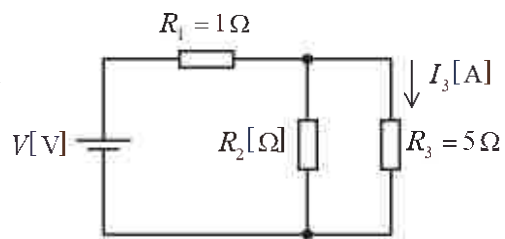


図2

- (1) 4.2 (2) 16.8 (3) 20 (4) 21 (5) 26.3

問6 図1に示すように、静電容量 $C_1 = 4 \mu\text{F}$ と $C_2 = 2 \mu\text{F}$ の二つのコンデンサが直列に接続され、直流電圧 6V で充電されている。次に電荷が蓄積されたこの二つのコンデンサを直流電源から切り離し、電荷を保持したまま同じ極性の端子同士を図2に示すように並列に接続する。並列に接続後のコンデンサの端子間電圧の大きさ $V[\text{V}]$ 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。

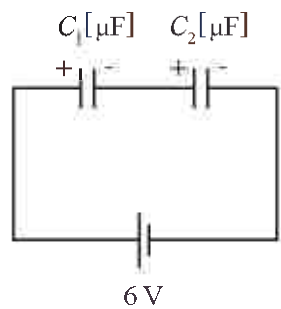


図1

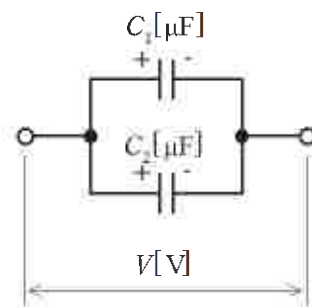
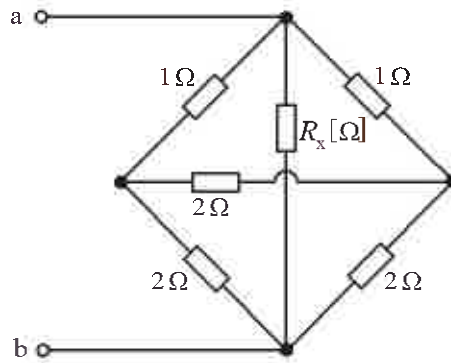


図2

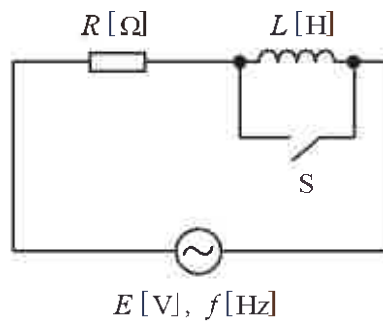
- (1) $\frac{2}{3}$ (2) $\frac{4}{3}$ (3) $\frac{8}{3}$ (4) $\frac{16}{3}$ (5) $\frac{32}{3}$

問7 図のように、抵抗6個を接続した回路がある。この回路において、ab端子間の合成抵抗の値が 0.6Ω であった。このとき、抵抗 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。



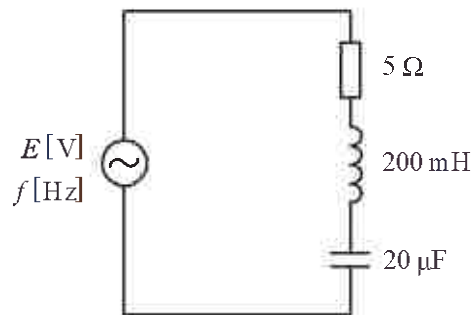
- (1) 1.0 (2) 1.2 (3) 1.5 (4) 1.8 (5) 2.0

問8 図のように、周波数 f [Hz]の正弦波交流電圧 E [V]の電源に、 R [Ω]の抵抗、インダクタンス L [H]のコイルとスイッチ S を接続した回路がある。スイッチ S が開いているときに回路が消費する電力[W]は、スイッチ S が閉じているときに回路が消費する電力[W]の $\frac{1}{2}$ になった。このとき、 L [H]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) $2\pi f R$ (2) $\frac{R}{2\pi f}$ (3) $\frac{2\pi f}{R}$ (4) $\frac{(2\pi f)^2}{R}$ (5) $\frac{R}{\pi f}$

問9 図のように、 $5\ \Omega$ の抵抗、 $200\ \text{mH}$ のインダクタンスをもつコイル、 $20\ \mu\text{F}$ の静電容量をもつコンデンサを直列に接続した回路に周波数 $f\ [\text{Hz}]$ の正弦波交流電圧 $E\ [\text{V}]$ を加えた。周波数 f を回路に流れる電流が最大となるように変化させたとき、コイルの両端の電圧の大きさは抵抗の両端の電圧の大きさの何倍か。最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 5

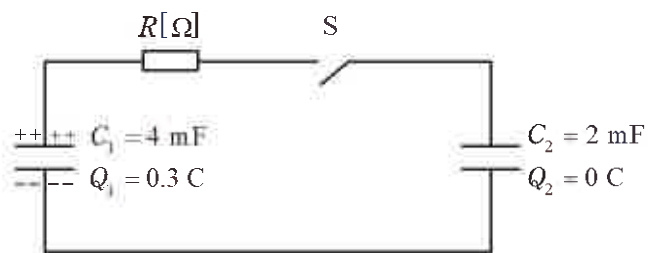
(2) 10

(3) 15

(4) 20

(5) 25

問 10 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 $C_1=4\text{ mF}$ のコンデンサには電荷 $Q_1=0.3\text{ C}$ が蓄積されており、静電容量 $C_2=2\text{ mF}$ のコンデンサの電荷は $Q_2=0\text{ C}$ 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 $R[\Omega]$ で消費された電気エネルギー $[J]$ 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。

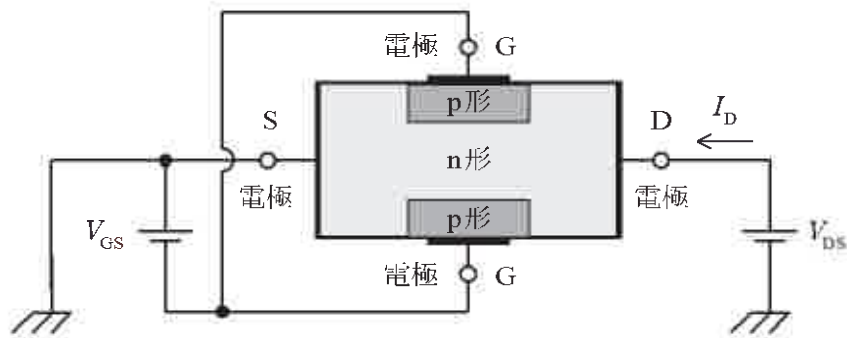


- (1) 1.25 (2) 2.50 (3) 3.75 (4) 5.63 (5) 7.50

問 11 次の文章は、電界効果トランジスタ (FET) に関する記述である。

図は、n チャンネル接合形 FET の断面を示した模式図である。ドレーン (D) 電極に電圧 V_{DS} を加え、ソース (S) 電極を接地すると、n チャンネルの (ア) キャリヤが移動してドレーン電流 I_D が流れる。ゲート (G) 電極に逆方向電圧 V_{GS} を加えると、pn 接合付近に空乏層が形成されて n チャンネルの幅が (イ) し、ドレーン電流 I_D が (ウ) する。このことから FET は (エ) 制御形の素子である。

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。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	少数	減少	増加	電流
(2)	少数	増加	増加	電流
(3)	多数	増加	減少	電圧
(4)	多数	減少	減少	電流
(5)	多数	減少	減少	電圧

問 12 真空中において、電子の運動エネルギーが 400 eV のときの速さが 1.19×10^7 m/s であった。電子の運動エネルギーが 100 eV のときの速さ[m/s]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、電子の相対性理論効果は無視するものとする。

- (1) 2.98×10^6 (2) 5.95×10^6 (3) 2.38×10^7 (4) 2.98×10^9 (5) 5.95×10^9

問 13 次の文章は、図 1 の回路の動作について述べたものである。

図 1 は、演算増幅器(オペアンプ)を用いたシュミットトリガ回路である。この演算増幅器には+5Vの単電源が供給されており、0Vから5Vまでの範囲の電圧を出力できるものとする。

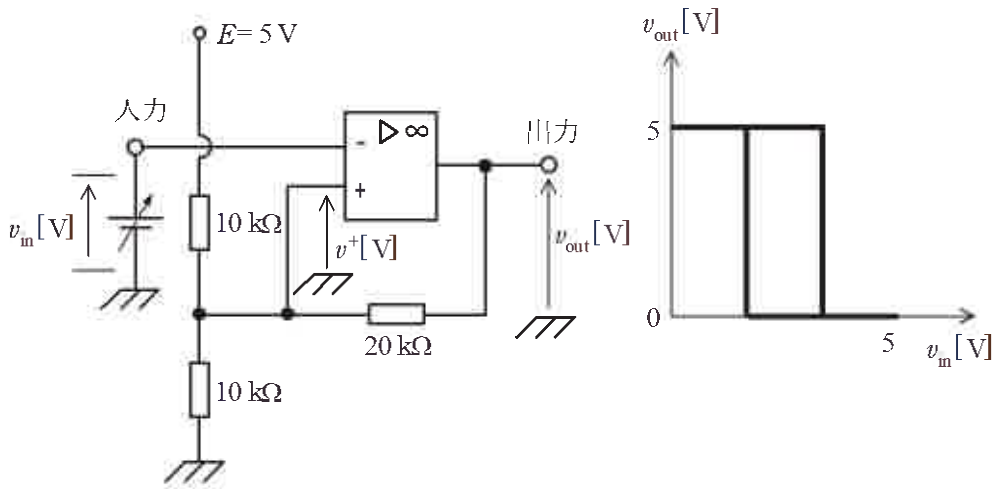


図 1

図 2

- ・出力電圧 v_{out} は 0～5V の間にあるため、演算増幅器の非反転入力電圧 v^+ [V] は の間にある。
- ・入力電圧 v_m を 0V から徐々に増加させると、 v_m が V を上回った瞬間、 v_{out} は 5V から 0V に変化する。
- ・入力電圧 v_m を 5V から徐々に減少させると、 v_m が V を下回った瞬間、 v_{out} は 0V から 5V に変化する。
- ・入力 v_m に対する出力 v_{out} の変化を描くと、図 2 のような を示す特性となる。

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)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	1.25~3.75	3.75	1.25	位相遅れ
(2)	1.25~3.75	1.25	3.75	ヒステリシス
(3)	2~3	2	3	ヒステリシス
(4)	2~3	2.75	2.25	位相遅れ
(5)	2~3	3	2	ヒステリシス

問 14 次の文章は、電気計測に関する記述である。

電気に関する物理量の測定に用いる方法には各種あるが、指示計器のように測定量を指針の振れの大きさに変えて、その指示から測定量を知る方法を (ア) 法という。これに比較して精密な測定を行う場合に用いられている (イ) 法は、測定量と同種類で大きさを調整できる既知量を別に用意し、既知量を測定量に平衡させて、そのときの既知量の大きさから測定量を知る方法である。

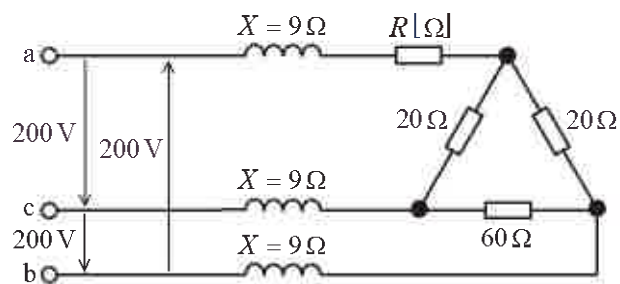
(イ) 法を用いた測定器の例としては、 (ウ) がある。

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の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	偏位	零位	ホイートストンブリッジ
(2)	間接	差動	誘導形電力量計
(3)	間接	零位	ホイートストンブリッジ
(4)	偏位	差動	誘導形電力量計
(5)	偏位	零位	誘導形電力量計

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 200 V の対称三相交流電源に, 三相負荷として誘導性リアクタンス $X=9\ \Omega$ の3個のコイルと $R[\Omega]$, $20\ \Omega$, $20\ \Omega$, $60\ \Omega$ の4個の抵抗を接続した回路がある。端子 a, b, c から流入する線電流の大きさは等しいものとする。この回路について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



(a) 線電流の大きさが 7.7 A , 三相負荷の無効電力が 1.6 kvar であるとき, 三相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。

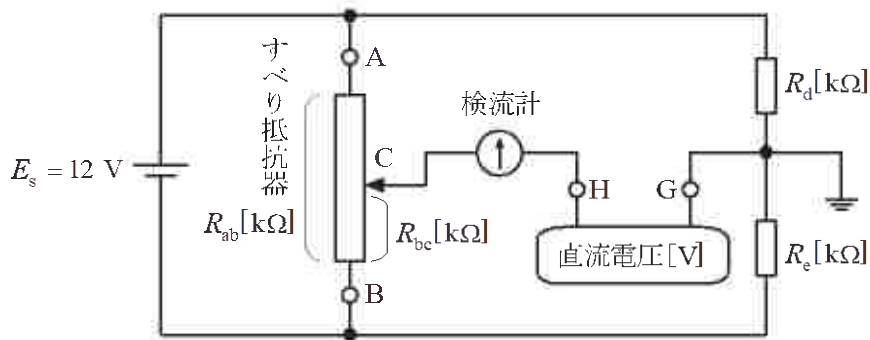
- (1) 0.5 (2) 0.6 (3) 0.7 (4) 0.8 (5) 1.0

(b) a相に接続された 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) 4 (2) 8 (3) 12 (4) 40 (5) 80

問 16 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) の間に答えよ。

ただし、端子 G を電位の基準 (0 V) とする。



(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、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (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。ただし、端子 G から見た端子 H の電圧を E_x [V] とする。

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、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

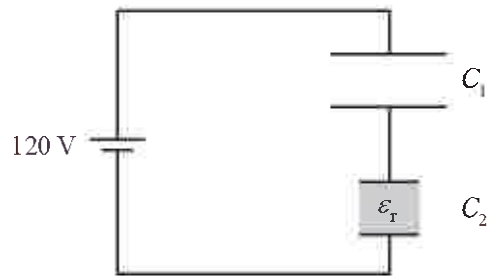
- (1) -5 (2) -3 (3) 0 (4) 3 (5) 5

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 図のように直列に接続された二つの平行平板コンデンサに 120 V の電圧が加わっている。コンデンサ C_1 の金属板間は真空であり, コンデンサ C_2 の金属板間には比誘電率 ϵ_r の誘電体が挿入されている。コンデンサ C_1 , C_2 の金属板間の距離は等しく, C_1 の金属板の面積は C_2 の 2 倍である。このとき, コンデンサ C_1 の両端の電圧が 80 V であった。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

ただし, コンデンサの端効果は無視できるものとする。



(a) コンデンサ C_2 の誘電体の比誘電率 ϵ_r 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) 1 (2) 2 (3) 3 (4) 4 (5) 5

(b) C_1 の静電容量が $30 \mu\text{F}$ のとき, C_1 と C_2 の合成容量の値 [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) 10 (2) 20 (3) 30 (4) 40 (5) 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。

(選択問題)

問 18 図 1、図 2 及び図 3 は、トランジスタ増幅器のバイアス回路を示す。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

ただし、 V_{CC} は電源電圧、 V_B はベース電圧、 I_B はベース電流、 I_C はコレクタ電流、 I_E はエミッタ電流、 R 、 R_B 、 R_C 及び R_E は抵抗を示す。

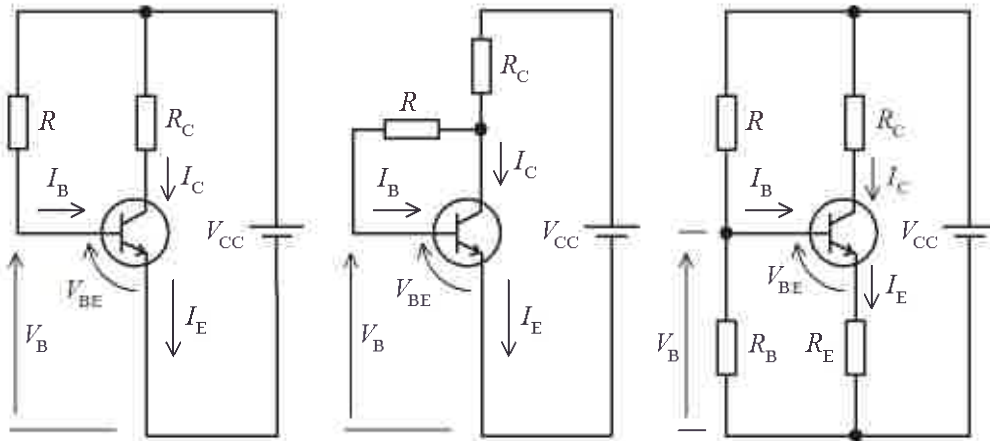


図 1

図 2

図 3

(a) 次の①式、②式及び③式は、図 1、図 2 及び図 3 のいずれかの回路のベース・エミッタ間の電圧 V_{BE} を示す。

$V_{BE} = V_B - I_E \cdot R_E$ ①

$V_{BE} = V_{CC} - I_B \cdot R$ ②

$V_{BE} = V_{CC} - I_B \cdot R - I_E \cdot R_C$ ③

上記の式と図の組合せとして、正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

	①式	②式	③式
(1)	図 1	図 2	図 3
(2)	図 2	図 3	図 1
(3)	図 3	図 1	図 2
(4)	図 1	図 3	図 2
(5)	図 3	図 2	図 1

(b) 次の文章 a, b 及び c は, それぞれのバイアス回路における周囲温度の変化と電流 I_C との関係について述べたものである。

ただし, h_{FE} は直流電流増幅率を表す。

a 温度上昇により h_{FE} が増加すると I_C が増加し, バイアス安定度が悪いバイアス回路の図は である。

b h_{FE} の変化により I_C が増加しようとするとき, V_B はほぼ一定であるから V_{BE} が減少するので, I_C や I_E の増加を妨げるように働く。 I_C の変化の割合が比較的 low, バイアス安定度が良いものの, 電力損失が大きいバイアス回路の図は である。

c h_{FE} の変化により I_C が増加しようとするとき, R_C の電圧降下も増加することでコレクタ・エミッタ間の電圧 V_{CE} が低下する。これにより R の電圧が減少して I_B が減少するので, I_C の増加が抑えられるバイアス回路の図は である。

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)	図 1	図 2	図 3
(2)	図 2	図 3	図 1
(3)	図 3	図 1	図 2
(4)	図 1	図 3	図 2
(5)	図 2	図 1	図 3

令和 3 年度

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 $f=50$ 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。

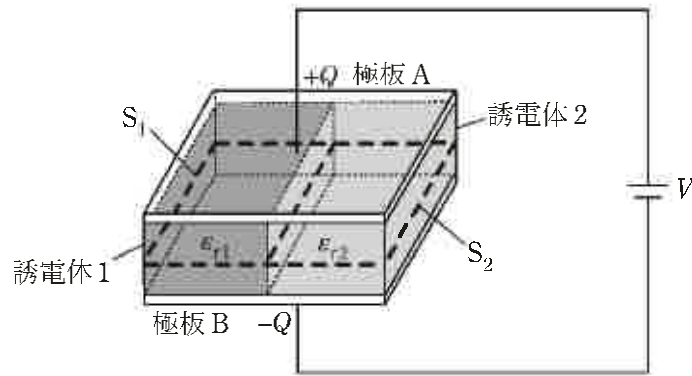
A問題(配点は1問題当たり5点)

問1 次の文章は、平行板コンデンサに関する記述である。

図のように、同じ寸法の直方体で誘電率の異なる二つの誘電体(比誘電率 ϵ_{r1} の誘電体1と比誘電率 ϵ_{r2} の誘電体2)が平行板コンデンサに充填されている。極板間は一定の電圧 $V[V]$ に保たれ、極板Aと極板Bにはそれぞれ $+Q[C]$ と $-Q[C]$ ($Q>0$)の電荷が蓄えられている。誘電体1と誘電体2は平面で接しており、その境界面は極板に対して垂直である。ただし、端効果は無視できるものとする。

この平行板コンデンサにおいて、極板A、Bに平行な誘電体1、誘電体2の断面をそれぞれ面 S_1 、面 S_2 (面 S_1 と面 S_2 の断面積は等しい)とすると、面 S_1 を貫く電気力線の総数(任意の点の電気力線の密度は、その点での電界の大きさを表す)は、面 S_2 を貫く電気力線の総数の $\square(\gamma)$ 倍である。面 S_1 を貫く電束の総数は面 S_2 を貫く電束の総数の $\square(i)$ 倍であり、面 S_1 と面 S_2 を貫く電束の数の総和は $\square(\eta)$ である。

上記の記述中の空白箇所(γ)～(η)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。



	(7)	(4)	(7)
(1)	1	$\frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r2}}$	Q
(2)	1	$\frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r2}}$	$\frac{Q}{\varepsilon_{r1}} + \frac{Q}{\varepsilon_{r2}}$
(3)	1	$\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}$	$\frac{Q}{\varepsilon_{r1}} + \frac{Q}{\varepsilon_{r2}}$
(4)	$\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}$	1	$\frac{Q}{\varepsilon_{r1}} + \frac{Q}{\varepsilon_{r2}}$
(5)	$\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}}$	1	Q

問2 二つの導体小球がそれぞれ電荷を帯びており、真空中で十分な距離を隔てて保持されている。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き、小球の間に作用する静電力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) 液体で満たすことで静電力の向きも大きさも変わらない。
- (2) 液体で満たすことで静電力の向きは変わらず、大きさは2倍になる。
- (3) 液体で満たすことで静電力の向きは変わらず、大きさは $\frac{1}{2}$ 倍になる。
- (4) 液体で満たすことで静電力の向きは変わらず、大きさは $\frac{1}{4}$ 倍になる。
- (5) 液体で満たすことで静電力の向きは逆になり、大きさは変わらない。

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。

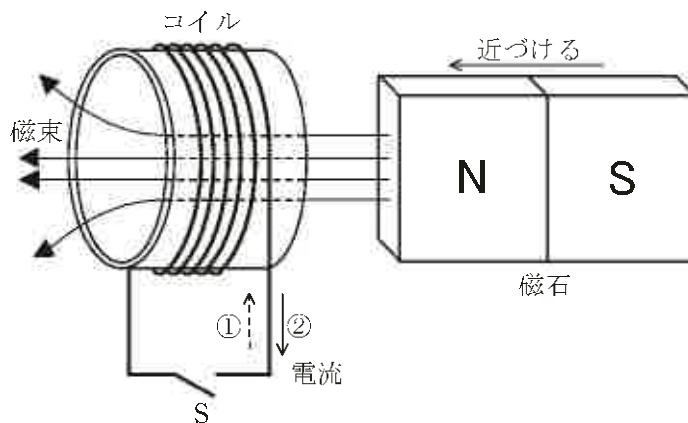
	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	通りにくい	内部	磁気遮へい
(2)	通りにくい	外部	磁気遮へい
(3)	通りにくい	外部	静電遮へい
(4)	通りやすい	内部	磁気遮へい
(5)	通りやすい	内部	静電遮へい

問4 次の文章は、電磁誘導に関する記述である。

図のように、コイルと磁石を配置し、磁石の磁束がコイルを貫いている。

1. スイッチ S を閉じた状態で磁石をコイルに近づけると、コイルには の向きに電流が流れる。
2. コイルの巻数が 200 であるとする。スイッチ S を開いた状態でコイルの断面を貫く磁束を 0.5 s の間に 10 mWb だけ直線的に増加させると、磁束鎖交数は Wb だけ変化する。また、この 0.5 s の間にコイルに発生する誘導起電力の大きさは V となる。ただし、コイル断面の位置によらずコイルの磁束は一定とする。

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)	①	2	2
(2)	①	2	4
(3)	①	0.01	2
(4)	②	2	4
(5)	②	0.01	2

問5 次の文章は、熱電対に関する記述である。

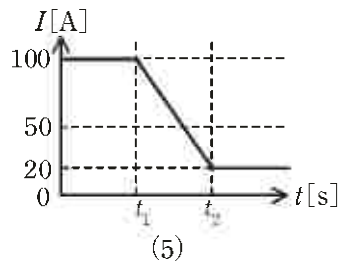
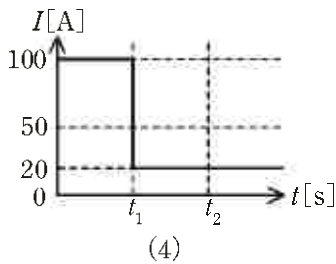
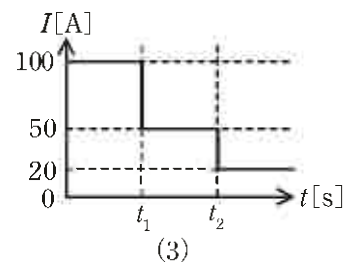
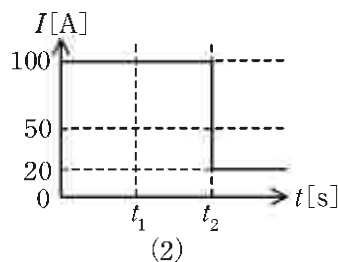
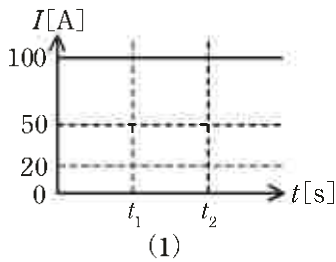
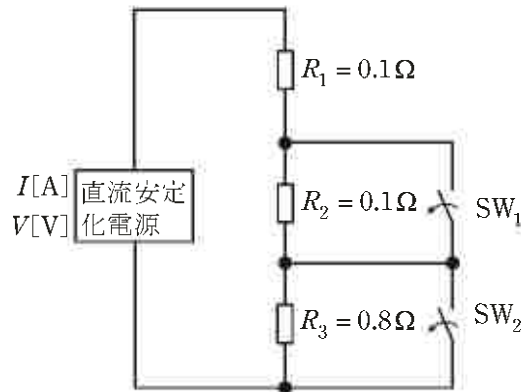
熱電対の二つの接合点に温度差を与えると、起電力が発生する。この現象を (ア) 効果といい、このとき発生する起電力を (イ) 起電力という。熱電対の接合点の温度の高いほうを (ウ) 接点、低いほうを (エ) 接点という。

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。

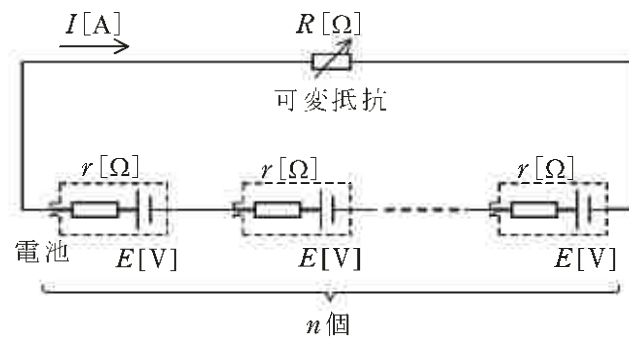
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	ゼーベック	熱	温	冷
(2)	ゼーベック	熱	高	低
(3)	ペルチェ	誘導	高	低
(4)	ペルチェ	熱	温	冷
(5)	ペルチェ	誘導	温	冷

問6 直流の出力電流又は出力電圧が常に一定の値になるように制御された電源を直流安定化電源と呼ぶ。直流安定化電源の出力電流や出力電圧にはそれぞれ上限値があり、一定電流(定電流モード)又は一定電圧(定電圧モード)で制御されている際に負荷の変化によってどちらかの上限値を超えると、定電流モードと定電圧モードとの間で切り替わる。

図のように、直流安定化電源(上限値:100 A, 20 V), 三つの抵抗($R_1 = R_2 = 0.1\Omega$, $R_3 = 0.8\Omega$), 二つのスイッチ(SW_1 , SW_2)で構成されている回路がある。両スイッチを閉じ、回路を流れる電流 $I = 100$ A の定電流モードを維持している状態において、時刻 $t = t_1$ [s] で SW_1 を開き、時刻 $t = t_2$ [s] で SW_2 を開くとき、 I [A] の波形として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



問7 図のように、起電力 E [V]、内部抵抗 r [Ω] の電池 n 個と可変抵抗 R [Ω] を直列に接続した回路がある。この回路において、可変抵抗 R [Ω] で消費される電力が最大になるようにその値 [Ω] を調整した。このとき、回路に流れる電流 I の値 [A] 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) $\frac{E}{r}$ (2) $\frac{nE}{\left(\frac{1}{n} + n\right)r}$ (3) $\frac{nE}{(1+n)r}$ (4) $\frac{E}{2r}$ (5) $\frac{nE}{r}$

問8 図1の回路において、図2のような波形の正弦波交流電圧 v [V] を抵抗 5Ω に加えたとき、回路を流れる電流の瞬時値 i [A] 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、電源の周波数を 50 Hz 、角周波数を ω [rad/s]、時間を t [s] とする。

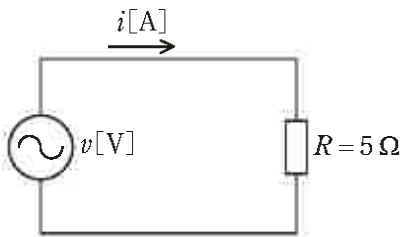


図1

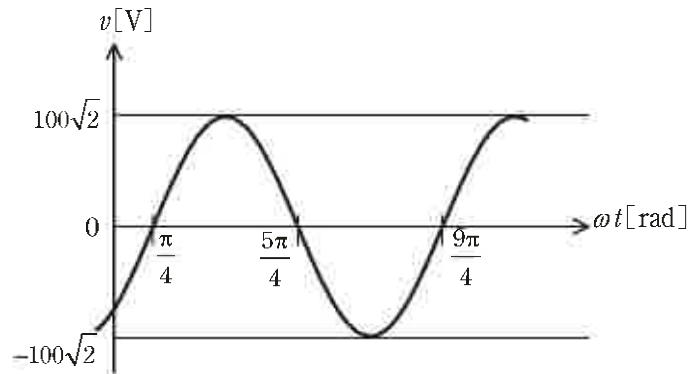


図2

- (1) $20\sqrt{2} \sin\left(50\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$
- (2) $20 \sin\left(50\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$
- (3) $20 \sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$
- (4) $20\sqrt{2} \sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$
- (5) $20\sqrt{2} \sin\left(100\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$

問9 実効値 V [V], 角周波数 ω [rad/s] の交流電圧源, R [Ω] の抵抗 R , インダクタンス L [H] のコイル L , 静電容量 C [F] のコンデンサ C からなる共振回路に関する記述として, 正しいものと誤りの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。

- (a) RLC 直列回路の共振状態において, L と C の端子間電圧の大きさはともに 0 である。
- (b) RLC 並列回路の共振状態において, L と C に電流は流れない。
- (c) RLC 直列回路の共振状態において交流電圧源を流れる電流は, RLC 並列回路の共振状態において交流電圧源を流れる電流と等しい。

	(a)	(b)	(c)
(1)	誤り	誤り	正しい
(2)	誤り	正しい	誤り
(3)	正しい	誤り	誤り
(4)	誤り	誤り	誤り
(5)	正しい	正しい	正しい

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。

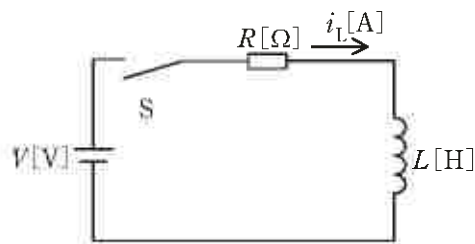


図 1

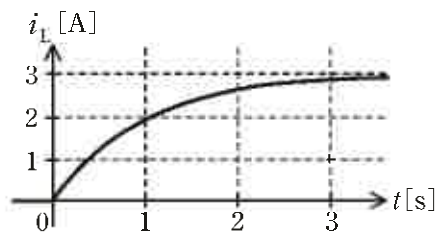
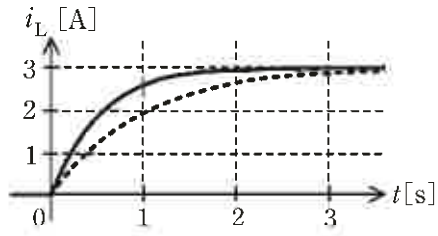
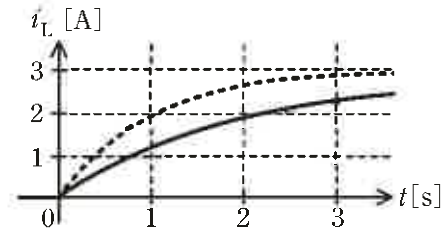


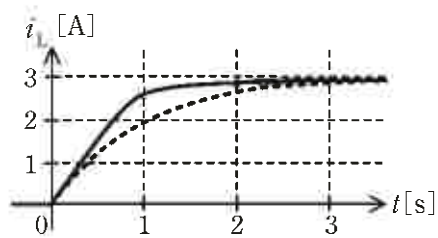
図 2



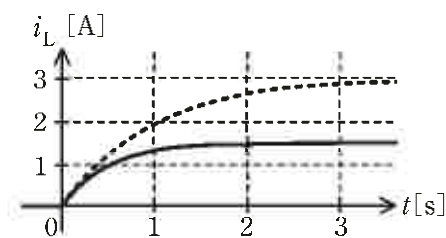
(1)



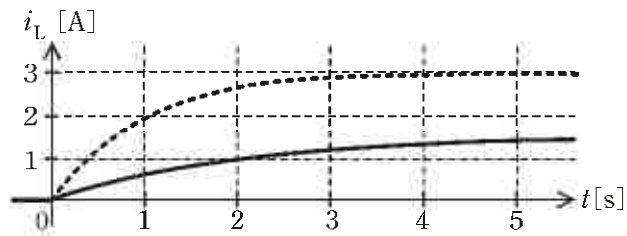
(2)



(3)



(4)



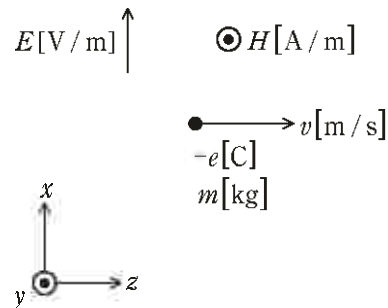
(5)

問 11 半導体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) ゲルマニウム(Ge)やインジウムリン(InP)は単元素の半導体であり、シリコン(Si)やガリウムヒ素(GaAs)は化合物半導体である。
- (2) 半導体内でキャリアの濃度が一様でない場合、拡散電流の大きさはそのキャリアの濃度勾配にほぼ比例する。
- (3) 真性半導体に不純物を加えるとキャリアの濃度は変わるが、抵抗率は変化しない。
- (4) 真性半導体に光を当てたり熱を加えたりしても電子や正孔は発生しない。
- (5) 半導体に電界を加えると流れる電流はドリフト電流と呼ばれ、その大きさは電界の大きさに反比例する。

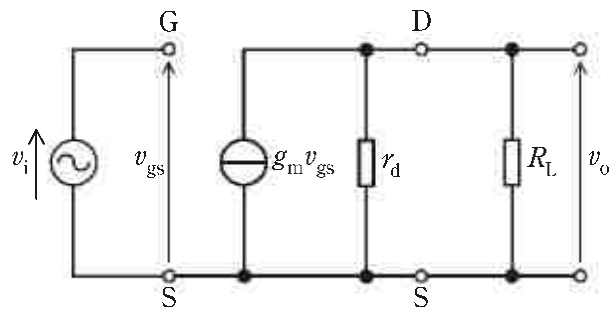
問 12 図のように、 x 方向の平等電界 E [V/m]、 y 方向の平等磁界 H [A/m] が存在する真空の空間において、電荷 $-e$ [C]、質量 m [kg] をもつ電子が z 方向の初速度 v [m/s] で放出された。この電子が等速直線運動をするとき、 v を表す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m]、真空の透磁率を μ_0 [H/m] とし、重力の影響を無視する。

また、電子の質量は変化しないものとする。図中の \odot は紙面に垂直かつ手前の向きを表す。



- (1) $\frac{\epsilon_0 E}{\mu_0 H}$ (2) $\frac{E}{H}$ (3) $\frac{E}{\mu_0 H}$ (4) $\frac{H}{\epsilon_0 E}$ (5) $\frac{\mu_0 H}{E}$

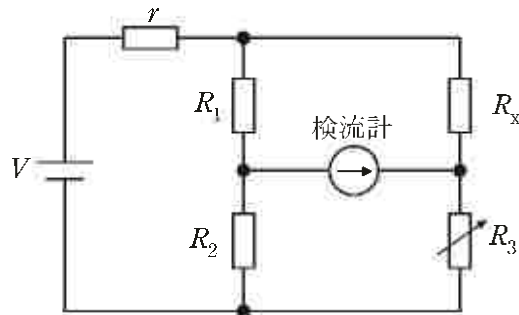
問 13 図は、電界効果トランジスタ (FET) を用いたソース接地増幅回路の簡易小信号交流等価回路である。この回路の電圧増幅度 $A_v = \left| \frac{v_o}{v_i} \right|$ を近似する式として、正しいものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。ただし、図中の S, G, D はそれぞれソース、ゲート、ドレインであり、 v_i [V], v_o [V], v_{gs} [V] は各部の電圧、 g_m [S] は FET の相互コンダクタンスである。また、抵抗 r_d [Ω] は抵抗 R_L [Ω] に比べて十分大きいものとする。



- (1) $g_m R_L$ (2) $g_m r_d$ (3) $g_m (R_L + r_d)$ (4) $\frac{g_m r_d}{R_L}$ (5) $\frac{g_m R_L}{R_L + r_d}$

問 14 図のブリッジ回路を用いて、未知の抵抗の値 R_x [Ω] を推定したい。可変抵抗 R_3 を調整して、検流計に電流が流れない状態を探し、平衡条件を満足する R_x [Ω] の値を求める。求めた値が真値と異なる原因が、 R_k ($k=1, 2, 3$) の真値からの誤差 ΔR_k のみである場合を考え、それらの誤差率 $\varepsilon_k = \frac{\Delta R_k}{R_k}$ が次の値であったとき、 R_x の誤差率として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

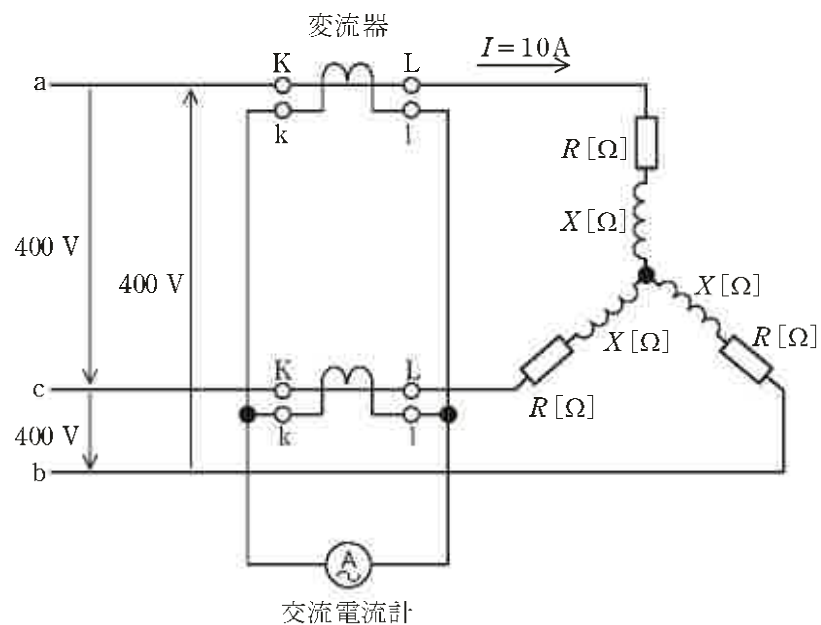
$$\varepsilon_1 = 0.01, \quad \varepsilon_2 = -0.01, \quad \varepsilon_3 = 0.02$$



- (1) 0.0001 (2) 0.01 (3) 0.02 (4) 0.03 (5) 0.04

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 400 V の対称三相交流電源に抵抗 $R[\Omega]$ と誘導性リアクタンス $X[\Omega]$ からなる平衡三相負荷が接続されている。平衡三相負荷の全消費電力は 6 kW であり, これに線電流 $I=10\text{ A}$ が流れている。電源と負荷との間には, 変流比 $20:5$ の変流器が a 相及び c 相に挿入され, これらの二次側が交流電流計 A を通して並列に接続されている。この回路について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。



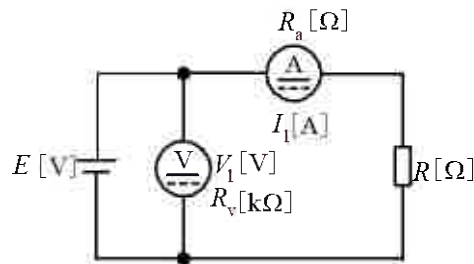
(a) 交流電流計 A の指示値 [A] として、最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (1) 0 (2) 2.50 (3) 4.33 (4) 5.00 (5) 40.0

(b) 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。

- (1) 11.5 (2) 20.0 (3) 23.1 (4) 34.6 (5) 60.0

問 16 図のように、電源 E [V]、負荷抵抗 R [Ω]、内部抵抗 R_v [$\text{k}\Omega$] 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) $I_1^2 R_a - I_1^2 R_v$

※ 下線部訂正 $[\Omega] \rightarrow [\text{k}\Omega]$

(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。

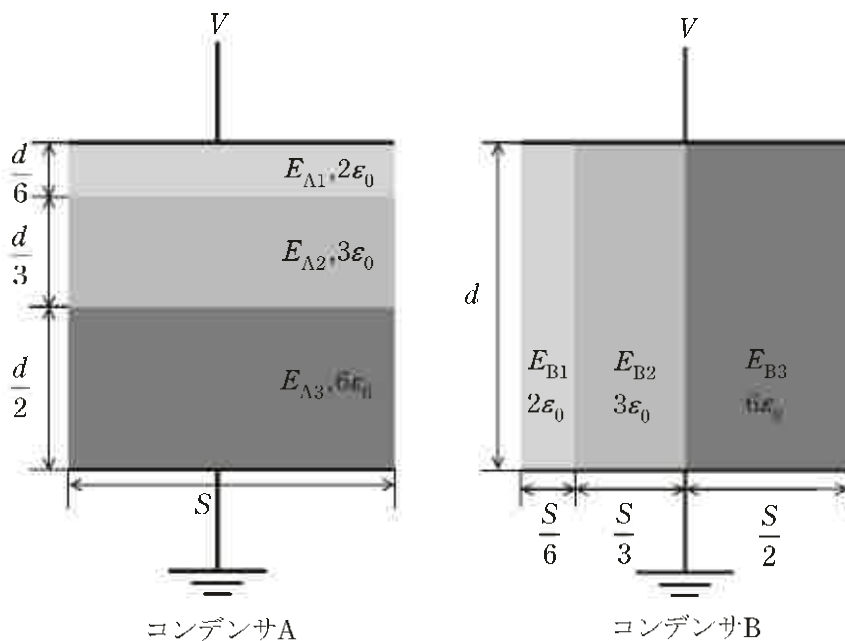
この回路で得られた負荷抵抗 $R[\Omega]$ の消費電力の測定値 $V_1 I_1$ [W] に対して、 $R[\Omega]$ の消費電力を真値とするとき、誤差率の値 [%] として最も近いものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。

- (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 A 全体の蓄積エネルギーは、コンデンサ B 全体の蓄積エネルギーの何倍か、正しいものを次の(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 発振回路について、次の(a)及び(b)の問に答えよ。

(a) 図1は、ある発振回路のコンデンサを開放し、同時にコイルを短絡した、直流分を求めるための回路図である。図中の電圧 V_C [V]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、図中の V_{BE} 並びにエミッタ接地トランジスタの直流電流増幅率 h_{FE} をそれぞれ $V_{BE} = 0.6\text{ V}$ 、 $h_{FE} = 100$ とする。

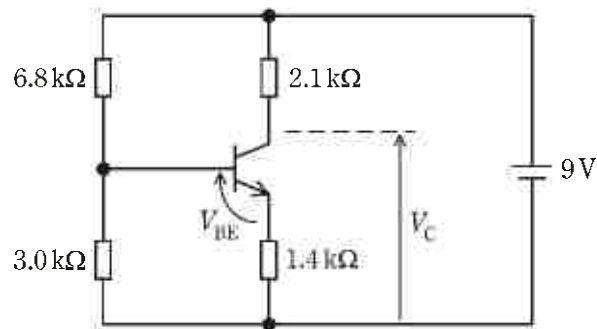


図1

- (1) 3 (2) 4 (3) 5 (4) 6 (5) 7

(b) 図2は、ある発振回路のトランジスタに接続されている、電極間のリアクタンスを示している。ただし、バイアス回路は省略している。この回路が発振するとき、発振周波数 f_0 [kHz] はどの程度の大きさになるか、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、発振周波数は、図に示されている素子の値のみにより定まるとしてよい。

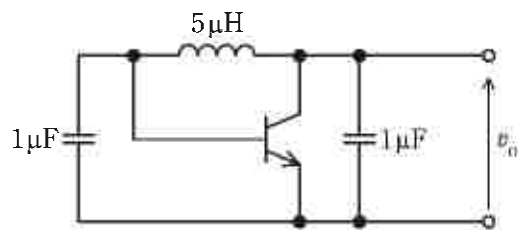


図2

- (1) 0.1 (2) 1 (3) 10 (4) 100 (5) 1000

令和2年度

第3種
理 論

(第1時限目)

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。)

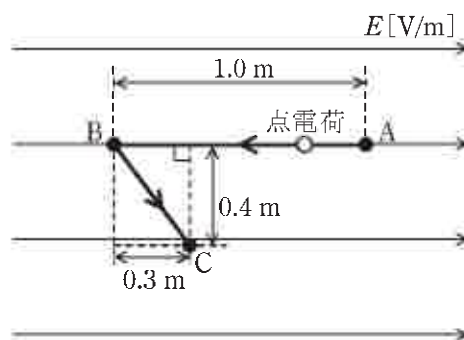
次ページ以降は試験問題になっていますので、試験開始の合図があるまで、開いてはいけません。

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、紙面に平行な平面内の平等電界 E [V/m] 中で 2 C の点電荷を点 A から点 B まで移動させ、さらに点 B から点 C まで移動させた。この移動に、外力による仕事 $W=14\text{ J}$ を要した。点 A の電位に対する点 B の電位 V_{BA} [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。

ただし、点電荷の移動はゆっくりであり、点電荷の移動によってこの平等電界は乱れないものとする。



(1) 5

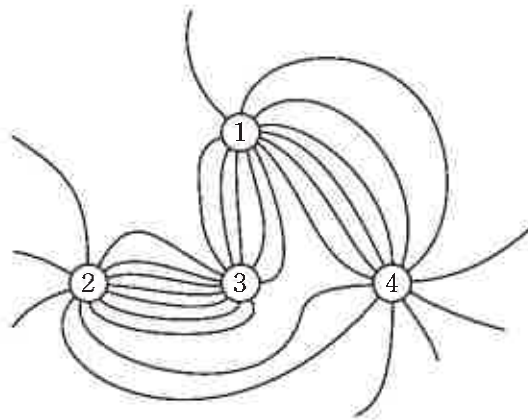
(2) 7

(3) 10

(4) 14

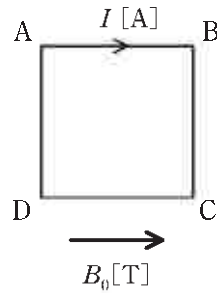
(5) 20

問2 四本の十分に長い導体円柱①～④が互いに平行に保持されている。①～④は等しい直径を持ち、図の紙面を貫く方向に単位長さあたりの電気量 $+Q$ [C/m]又は $-Q$ [C/m]で均一に帯電している。ただし、 $Q > 0$ とし、①の帯電電荷は正電荷とする。円柱の中心軸と垂直な面内の電気力線の様子を図に示す。ただし、電気力線の向きは示していない。このとき、①～④が帯びている単位長さあたりの電気量の組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	①	②	③	④
(1)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$+Q$
(2)	$+Q$	$+Q$	$-Q$	$-Q$
(3)	$+Q$	$-Q$	$+Q$	$+Q$
(4)	$+Q$	$-Q$	$-Q$	$-Q$
(5)	$+Q$	$+Q$	$+Q$	$-Q$

問3 平等な磁束密度 B_0 [T]のもとで、一辺の長さが h [m]の正方形ループ ABCD に直流電流 I [A]が流れている。 B_0 の向きは辺 AB と平行である。 B_0 がループに及ぼす電磁力として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 大きさ $2IhB_0$ [N]の力
- (2) 大きさ $4IhB_0$ [N]の力
- (3) 大きさ Ih^2B_0 [N·m]の偶力のモーメント
- (4) 大きさ $2Ih^2B_0$ [N·m]の偶力のモーメント
- (5) 力も偶力のモーメントも働かない

問4 磁力線は、磁極の働きを理解するのに考えた仮想的な線である。この磁力線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) 磁力線は、磁石のN極から出てS極に入る。
- (2) 磁極周囲の物質の透磁率を μ [H/m]とすると、 m [Wb]の磁極から $\frac{m}{\mu}$ 本の磁力線が出入りする。
- (3) 磁力線の接線の向きは、その点の磁界の向きを表す。
- (4) 磁力線の密度は、その点の磁束密度を表す。
- (5) 磁力線同士は、互いに反発し合い、交わらない。

問5 次に示す、A、B、C、Dの四種類の電線がある。いずれの電線もその長さは1 kmである。この四つの電線の直流抵抗値をそれぞれ R_A [Ω]、 R_B [Ω]、 R_C [Ω]、 R_D [Ω]とする。 $R_A \sim R_D$ の大きさを比較したとき、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。ただし、 ρ は各導体の抵抗率とし、また、各電線は等断面、等質であるとする。

A：断面積が $9 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ の鉄($\rho = 8.90 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)のできた電線

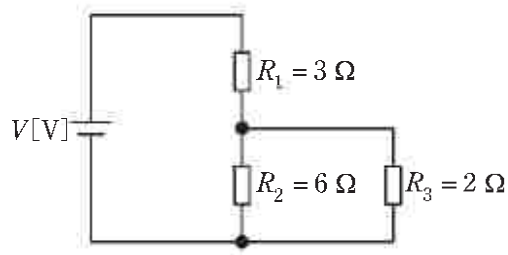
B：断面積が $5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ のアルミニウム($\rho = 2.50 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)のできた電線

C：断面積が $1 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ の銀($\rho = 1.47 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)のできた電線

D：断面積が $2 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ の銅($\rho = 1.55 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$)のできた電線

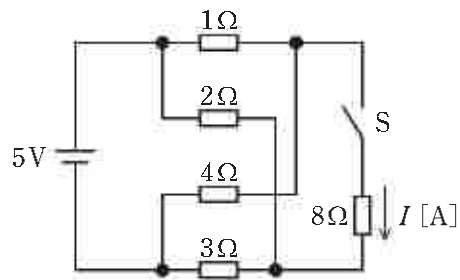
- (1) $R_A > R_C > R_D > R_B$
 (2) $R_A > R_D > R_C > R_B$
 (3) $R_B > R_D > R_C > R_A$
 (4) $R_C > R_A > R_D > R_B$
 (5) $R_D > R_C > R_A > R_B$

問6 図のように、三つの抵抗 $R_1 = 3 \Omega$ 、 $R_2 = 6 \Omega$ 、 $R_3 = 2 \Omega$ 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。



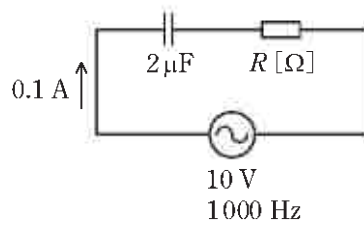
- (1) $P_1 > P_2 > P_3$ (2) $P_1 > P_3 > P_2$ (3) $P_2 > P_1 > P_3$
 (4) $P_2 > P_3 > P_1$ (5) $P_3 > P_1 > P_2$

問7 図のように、直流電源にスイッチ S、抵抗 5 個を接続したブリッジ回路がある。この回路において、スイッチ S を開いたとき、S の両端間の電圧は 1V であった。スイッチ S を閉じたときに 8Ω の抵抗に流れる電流 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。



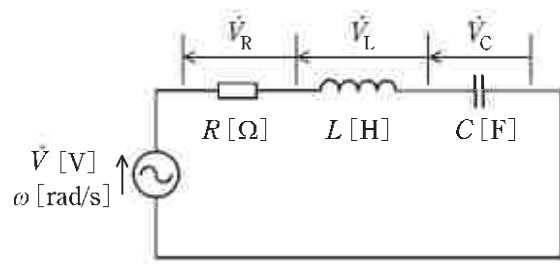
- (1) 0.10 (2) 0.75 (3) 1.0 (4) 1.4 (5) 2.0

問8 図のように、静電容量 $2\mu\text{F}$ のコンデンサ、 $R[\Omega]$ の抵抗を直列に接続した。
この回路に、正弦波交流電圧 10V 、周波数 1000Hz を加えたところ、電流 0.1A が流れた。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。

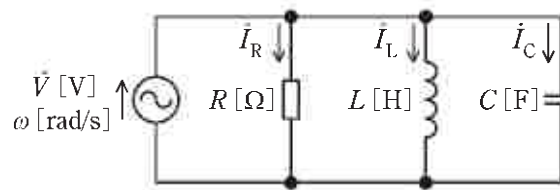


- (1) 4.50 (2) 20.4 (3) 30.3 (4) 60.5 (5) 79.6

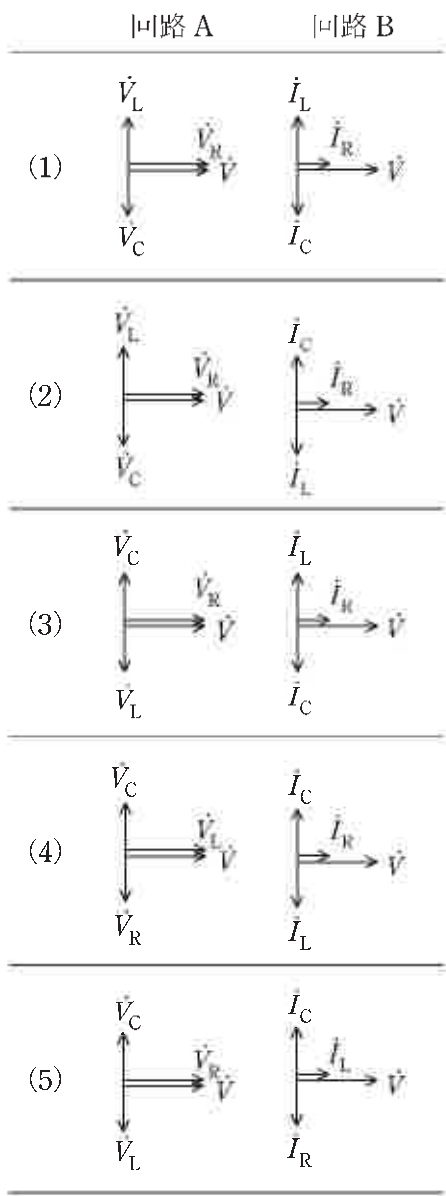
問9 図のように、 R [Ω]の抵抗、インダクタンス L [H]のコイル、静電容量 C [F]のコンデンサと電圧 \dot{V} [V]、角周波数 ω [rad/s]の交流電源からなる二つの回路 A と B がある。両回路においてそれぞれ $\omega^2 LC = 1$ が成り立つとき、各回路における図中の電圧ベクトルと電流ベクトルの位相の関係として、正しいものの組合せを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、ベクトル図における進み方向は反時計回りとする。



回路A

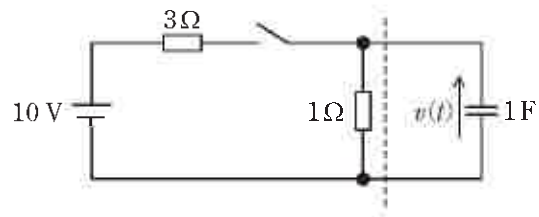


回路B



問 10 図の回路のスイッチを閉じたあとの電圧 $v(t)$ の波形を考える。破線から左側にテブナンの定理を適用することで、回路の時定数[s]と $v(t)$ の最終値[V]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。

ただし、初めスイッチは開いており、回路は定常状態にあったとする。

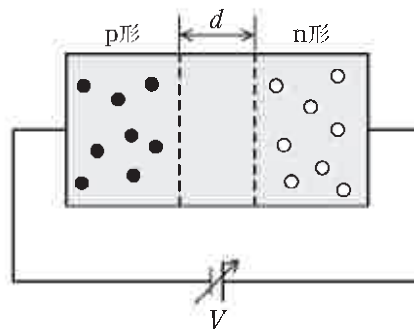


	時定数[s]	最終値[V]
(1)	0.75	10
(2)	0.75	2.5
(3)	4	2.5
(4)	1	10
(5)	1	0

問 11 次の文章は、可変容量ダイオード(バリキャップやバラクタダイオードともいう)に関する記述である。

可変容量ダイオードとは、図に示す原理図のように (ア) 電圧 $V[V]$ を加えると静電容量が変化するダイオードである。p 形半導体と n 形半導体を接合すると、p 形半導体のキャリア(図中の●印)と n 形半導体のキャリア(図中の○印)が pn 接合面付近で拡散し、互いに結合すると消滅して (イ) と呼ばれるキャリアがほとんど存在しない領域が生じる。可変容量ダイオードに (ウ) 電圧を印加し、その大きさを大きくすると、(イ) の領域の幅 d が (ウ) になり、静電容量の値は (エ) なる。この特性を利用して可変容量ダイオードは (オ) などに用いられている。

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。

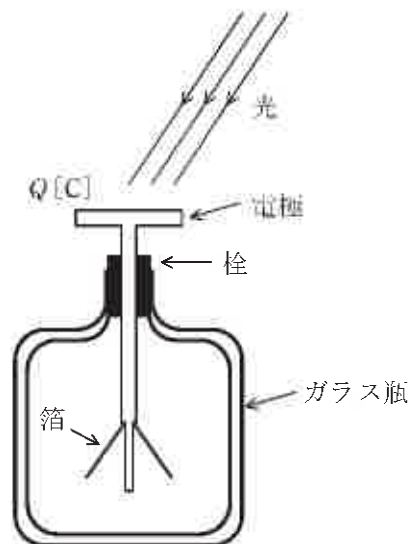


	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	逆方向	空乏層	広く	小さく	無線通信の同調回路
(2)	順方向	空乏層	狭く	小さく	光通信の受光回路
(3)	逆方向	空乏層	広く	大きく	光通信の受光回路
(4)	順方向	反転層	狭く	大きく	無線通信の変調回路
(5)	逆方向	反転層	広く	小さく	無線通信の同調回路

問 12 次のような実験を真空の中で行った。

まず、箔検電器の上部アルミニウム電極に電荷 Q [C] を与えたところ、箔が開いた状態になった。次に、箔検電器の上部電極に赤外光、可視光、紫外光の順に光を照射したところ、紫外光を照射したときに箔が閉じた。ただし、赤外光、可視光、紫外光の強度はいずれも上部電極の温度をほとんど上昇させない程度であった。

この実験から分かることとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



- (1) 電荷 Q は正電荷であった可能性も負電荷であった可能性もある。
- (2) 紫外光が特定の強度よりも弱いとき箔はまったく閉じなくなる。
- (3) 赤外光を照射したとき上部電極に熱電子が吸収された。
- (4) 可視光を照射したとき上部電極の電気抵抗が大幅に低下した。
- (5) 紫外光を照射したとき上部電極から光電子が放出された。

問 13 演算増幅器及びそれを用いた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) 演算増幅器には電源が必要である。
- (2) 演算増幅器の入力インピーダンスは、非常に大きい。
- (3) 演算増幅器は比較器として用いられることがある。
- (4) 図1の回路は正相増幅回路、図2の回路は逆相増幅回路である。
- (5) 図1の回路は、抵抗 R_S を 0Ω に(短絡)し、抵抗 R_F を $\infty\Omega$ に(開放)すると、ボルテージホロワである。

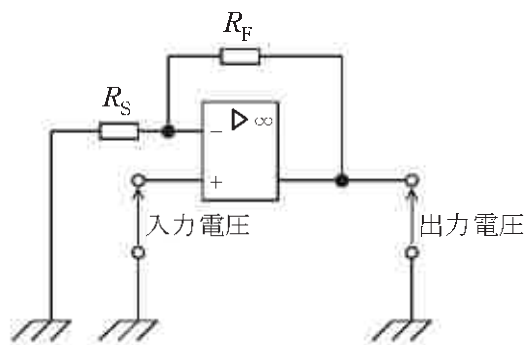


図 1

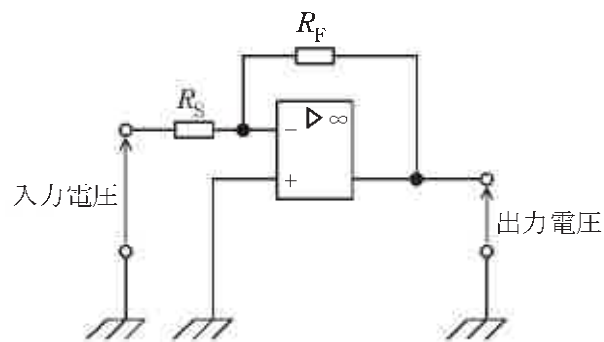


図 2

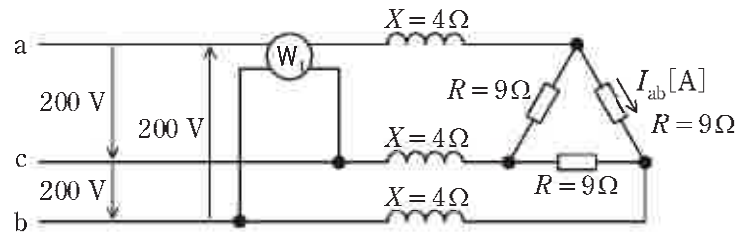
問 14 物理現象と、その計測・検出のための代表的なセンサの原理との組合せとして、不適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

物理現象 (計測・検出対象)	センサの原理
(1) 光	電磁誘導に関するファラデーの法則
(2) 超音波	圧電現象
(3) 温度	ゼーベック効果
(4) 圧力	ピエゾ抵抗効果
(5) 磁気	ホール効果

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(実効値)200 V の対称三相交流電源に, 1 台の単相電力計 W_1 , $X=4\Omega$ の誘導性リアクタンス 3 個, $R=9\Omega$ の抵抗 3 個を接続した回路がある。単相電力計 W_1 の電流コイルは a 相に接続し, 電圧コイルは b-c 相間に接続され, 指示は正の値を示していた。この回路について, 次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし, 対称三相交流電源の相順は, a, b, c とし, 単相電力計 W_1 の損失は無視できるものとする。



(a) $R=9\Omega$ の抵抗に流れる電流 I_{ab} の実効値[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) 6.77 (2) 13.3 (3) 17.3 (4) 23.1 (5) 40.0

(b) 単相電力計 W_1 の指示値[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) 0 (2) 2.77 (3) 3.70 (4) 4.80 (5) 6.40

問 16 最大目盛 150 V、内部抵抗 18 k Ω の直流電圧計 V_1 と最大目盛 300 V、内部抵抗 30 k Ω の直流電圧計 V_2 の二つの直流電圧計がある。ただし、二つの直流電圧計は直動式指示電気計器を使用し、固有誤差はないものとする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 二つの直流電圧計を直列に接続して使用したとき、測定できる電圧の最大の値[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) 150 (2) 225 (3) 300 (4) 400 (5) 450

(b) 次に、直流電圧 450 V の電圧を測定するために、二つの直流電圧計の指示を最大目盛にして測定したい。そのためには、直流電圧計 (ア) に、抵抗 (イ) kΩ を (ウ) に接続し、これに直流電圧計 (エ) を直列に接続する。このように接続して測定することで、各直流電圧計の指示を最大目盛にして測定をすることができる。

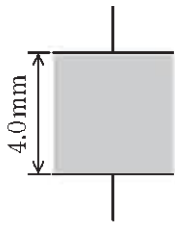
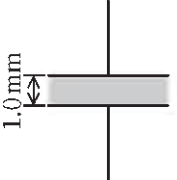
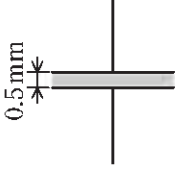
上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	V ₁	90	直列	V ₂
(2)	V ₁	90	並列	V ₂
(3)	V ₂	90	並列	V ₁
(4)	V ₁	18	並列	V ₂
(5)	V ₂	18	直列	V ₁

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、誘電体の種類、比誘電率、絶縁破壊電界、厚さがそれぞれ異なる三つの平行板コンデンサ①～③がある。極板の形状と大きさは同一で、コンデンサの端効果、初期電荷及び漏れ電流は無視できるものとする。上側の極板に電圧 V_0 [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) の間に答えよ。

	①	②	③
形状 サイズ			
誘電体の種類	気体	液体	固体
比誘電率	1	2	4
絶縁破壊電界	10 kV/mm	20 kV/mm	50 kV/mm

(a) 各平行板コンデンサへの印加電圧の大きさが同一のとき、極板間の電界の強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) ①>②>③
- (2) ①>③>②
- (3) ②>①>③
- (4) ③>①>②
- (5) ③>②>①

(b) 各平行板コンデンサへの印加電圧をそれぞれ徐々に上昇し、極板間の電界の強さが絶縁破壊電界に達したときの印加電圧(絶縁破壊電圧)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) ①>②>③
- (2) ①>③>②
- (3) ②>①>③
- (4) ③>①>②
- (5) ③>②>①

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に示すエミッタ接地トランジスタ増幅回路について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

ただし、 I_B [μA]、 I_C [mA]はそれぞれベースとコレクタの直流電流であり、 i_b [μA]、 i_c [mA]はそれぞれの信号分である。また、 V_{BE} [V]、 V_{CE} [V]はそれぞれベース-エミッタ間とコレクタ-エミッタ間の直流電圧であり、 v_{be} [V]、 v_{ce} [V]はそれぞれの信号分である。さらに、 v_i [V]、 v_o [V]はそれぞれ信号の入力電圧と出力電圧、 V_{CC} [V]はバイアス電源の直流電圧、 R_1 [$\text{k}\Omega$]と R_2 [$\text{k}\Omega$]は抵抗、 C_1 [F]、 C_2 [F]はコンデンサである。なお、 $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ であり、使用する信号周波数において C_1 、 C_2 のインピーダンスは無視できるほど十分小さいものとする。

(a) 図2はトランジスタの出力特性である。トランジスタの動作点を

$V_{CE} = \frac{1}{2} V_{CC} = 6 \text{ V}$ に選ぶとき、動作点でのベース電流 I_B の値 [μA]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 (2) 25 (3) 30 (4) 35 (5) 40

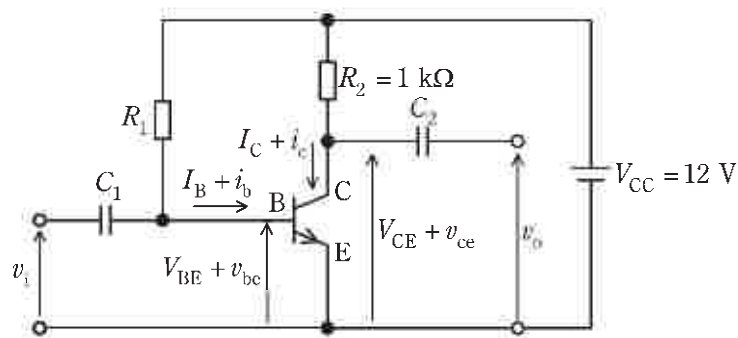


図1

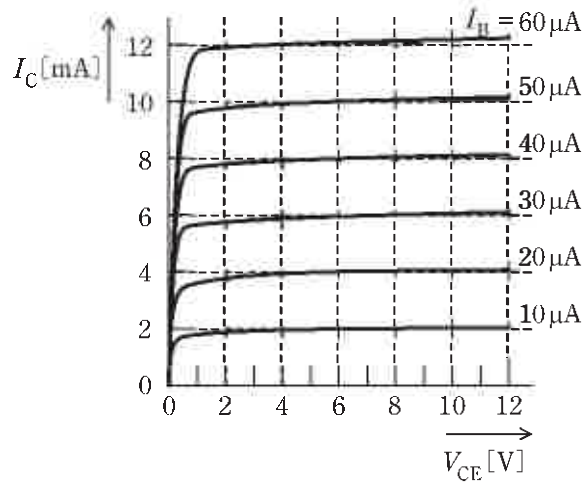


図 2

(b) 小問(a)の動作点において、図 1 の回路に交流信号電圧 v_i を入力すると、最大値 $10 \mu A$ の交流信号電流 i_b と小問(a)の直流電流 I_B の和がベース(B)に流れた。このとき、図 2 の出力特性を使って求められる出力交流信号電圧 $v_o (= v_{ce})$ の最大値[V]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、動作点付近においてトランジスタの出力特性は直線で近似でき、信号波形はひずまないものとする。

- (1) 1.0 (2) 1.5 (3) 2.0 (4) 2.5 (5) 3.0