

第 3 種

理 論

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、空気中平行平板電極の場合の等電位線の分布を図 2 に示す。

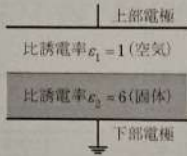
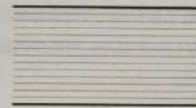


図 1 複合誘電体平行平板電極の断面図



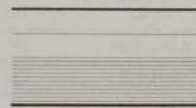
図 2 空気中平行平板電極の断面図



(1)



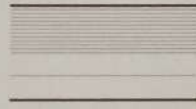
(2)



(3)



(4)



(5)

(注) 図 2 と同様に下側を接地電極とする。

問2 空气中に孤立した半径  $a$  [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、空氣の絶縁耐力及び誘電率はそれぞれ  $E_m$  [V/m] 及び  $\epsilon_0$  [F/m] とする。

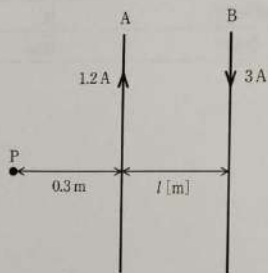
- (1)  $\frac{E_m}{4\pi\epsilon_0 a^2}$     (2)  $\frac{E_m}{4\pi\epsilon_0 a}$     (3)  $4\pi\epsilon_0 a E_m$     (4)  $4\pi\epsilon_0 a^2 E_m$     (5)  $4\pi\epsilon_0 a^3 E_m$

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 <sup>-1</sup>
(5) 透磁率	H/m

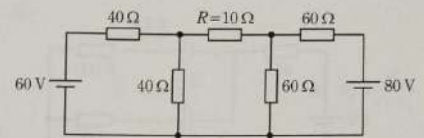
問4 図のように、A、B 2本の平行な直線導体があり、導体Aには1.2 Aの、導体Bにはそれと反対方向に3 Aの電流が流れている。導体AとBの間隔が $l$  [m]のとき、導体Aより0.3 m離れた点Pにおける合成磁界が零になった。 $l$ の値[m]として、最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

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。



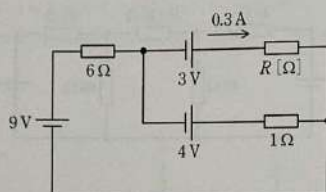
- (1) 0.24    (2) 0.45    (3) 0.54    (4) 0.75    (5) 1.05

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  $0.3\text{A}$  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。

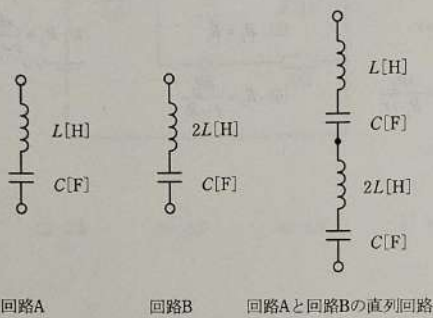


- (1) 2.0      (2) 2.8      (3) 3.7      (4) 4.9      (5) 25

問7 起電力が  $E$  [V] で内部抵抗が  $r$  [ $\Omega$ ] の電池がある。この電池に抵抗  $R_1$  [ $\Omega$ ] と可変抵抗  $R_2$  [ $\Omega$ ] を並列につないだとき、抵抗  $R_2$  [ $\Omega$ ] から発生するジュール熱が最大となるとき、抵抗  $R_2$  の値 [ $\Omega$ ] 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。



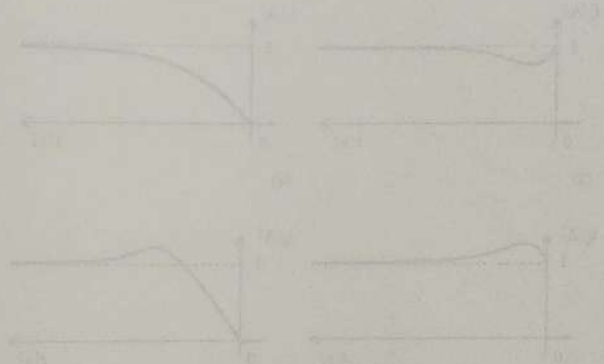
- (1)  $f_A < f_B < f_{AB}$       (2)  $f_A < f_{AB} < f_B$       (3)  $f_B < f_{AB} < f_A$   
 (4)  $f_{AB} < f_A < f_B$       (5)  $f_{AB} < f_B < f_A$

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。

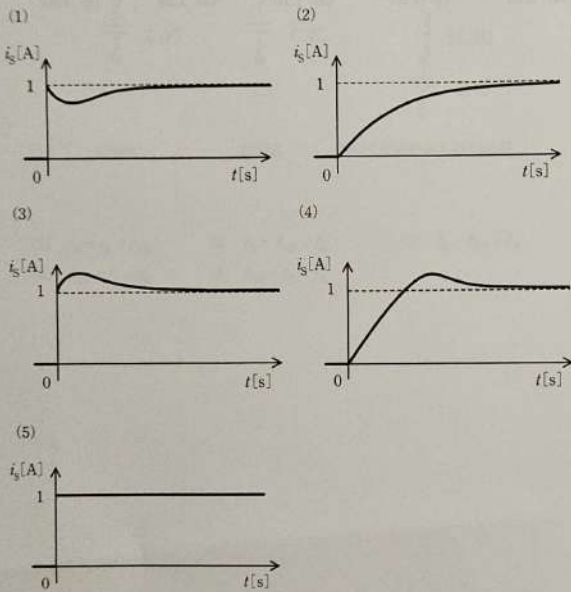
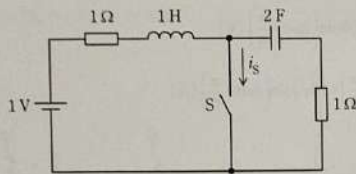
$$e = 100 \sin \omega t + 50 \sin \left( 3\omega t - \frac{\pi}{6} \right) \text{ [V]}$$

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

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

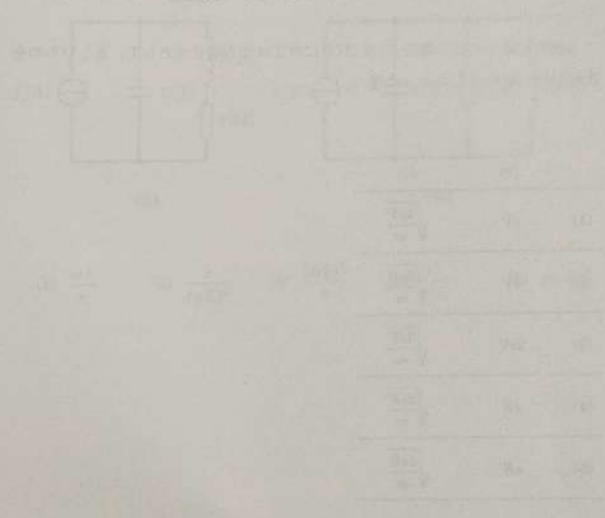


問 10 図の回路のスイッチ S を  $t=0$  s で閉じる。電流  $i_S$  [A] の波形として最も適切に表すものを次の (1) ~ (5) のうちから一つ選べ。  
ただし、スイッチ S を閉じる直前に、回路は定常状態にあったとする。



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、初速度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。

$$\frac{1}{2}mv^2 = \text{(7)}$$

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、 $\text{(8)}$  で表される。

上記の記述中の空白箇所(7)及び(8)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)	(8)
(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  $r$  [ $\Omega$ ] が存在する場合は、インダクタンス  $L$  [H] と抵抗  $r$  [ $\Omega$ ] 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  $r$  [ $\Omega$ ] が、誘導性リアクタンス  $\omega L$  [ $\Omega$ ] に比べて十分小さいものとする、図2のように、等価抵抗  $R_p$  [ $\Omega$ ] 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  $R_p$  [ $\Omega$ ] の値を表す式として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、 $I_0$  [A] は電流源の電流を表す。

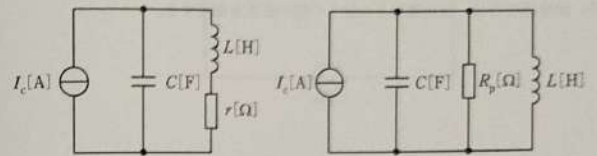


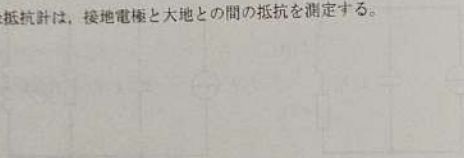
図1

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)  $r(\omega L)^2$

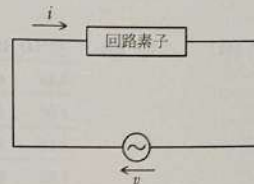
問14 電気計器に関する記述として、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

- (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 $\mu\text{V}$ から100V程度である。
- (3) ホイトストンプ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)の間に答えよ。



(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 $W_{\text{max}}$ 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。

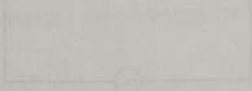
- |         |          |          |        |         |
|---------|----------|----------|--------|---------|
| (1) 2.5 | (2) 6.25 | (3) 12.5 | (4) 25 | (5) 125 |
|---------|----------|----------|--------|---------|



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

(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。

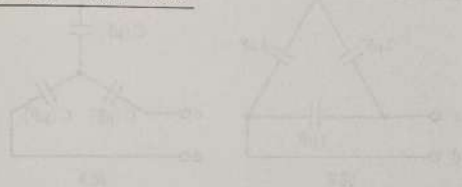
- (1) 100      (2) 144      (3) 165      (4) 183      (5) 200



(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 = (イ) A、直流電流計 II = (ロ) A、直流電流計 III = (ハ) A であった。

上記の記述中の空白箇所(イ)～(ハ)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。

	(イ)	(ロ)	(ハ)
(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。

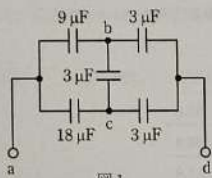


図 1

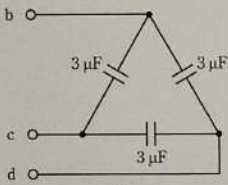


図 2

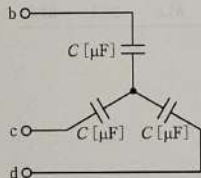


図 3

(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、電気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 (7) 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 (4) 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。(7) 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(5)という。

上記の記述中の空白箇所(7)～(5)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)	(5)
(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 (7) 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 (4)、 $v_2$  の波形は (7)、 $v_3$  の波形は (5) 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 (5) % となる。

上記の記述中の空白箇所(7)～(5)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。

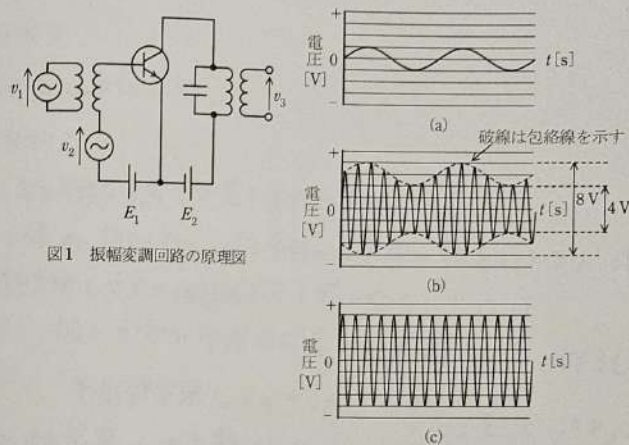


図1 振幅変調回路の原理図

図2 電圧  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$  の波形(時間軸は同一)

	(7)	(4)	(7)	(5)	(5)
(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