

第一級陸上無線技術士「無線工学の基礎」試験問題

25問 2時間30分

A - 1 次の記述は、図に示す抵抗 R [Ω] と静電容量 C [F] のコンデンサを直列に接続した回路の過渡現象について述べたものである。 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、 V [V] の直流電源の内部抵抗を零とし、スイッチ SW を接ON)にする前にはコンデンサに電荷は貯えられていないものとする。また、 e を自然対数の底とする。

(1) SW を接ON)にしてから t [s] 後の、回路を流れる電流 i は次式で表される。

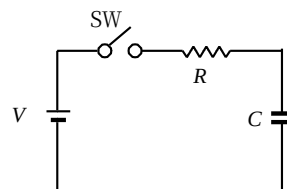
$$i = \frac{V}{R} \times \text{A} \quad [\text{A}]$$

(2) $t = 0$ から ∞ [s] までの間に抵抗で消費されるエネルギー W_R は、次式で表される。

$$W_R = \int_0^{\infty} i^2 R dt = \text{B} \quad [\text{J}]$$

(3) $t = 0$ から ∞ [s] までの間にコンデンサに蓄えられるエネルギー W_C は、次式で表される。

$$W_C = \text{C} \quad [\text{J}]$$



	A	B	C		A	B	C
1	$(1 - e^{-\frac{t}{CR}})$	$\frac{V^2}{2R}$	$\frac{CV^2}{2}$	4	$e^{-\frac{t}{CR}}$	$\frac{V^2}{2R}$	$\frac{CV^2}{2}$
2	$(1 - e^{-\frac{t}{CR}})$	$\frac{CV^2}{2}$	$\frac{V^2}{2R}$	5	$e^{-\frac{t}{CR}}$	$\frac{CV^2}{2}$	$\frac{CV^2}{2}$
3	$(1 - e^{-\frac{t}{CR}})$	$\frac{V^2}{2R}$	$\frac{V^2}{2R}$				

A - 2 図 1 に示すように、環状鉄心に N 回のコイルを巻き、これに 1 [A] の電流を流したとき、環状鉄心を通る磁束の大きさが ϕ [Wb] であった。この環状鉄心に図 2 に示すように、エアギャップ (空隙) を設け、コイルに 2 [A] の電流を流したとき、環状鉄心を通る磁束の大きさが同じく ϕ であった。このときの r の値として、最も近いものを下の番号から選べ。

ただし、鉄心の平均断面積を S [m²]、平均磁路長 L を 80 [mm]、空気及び鉄心の比透磁率をそれぞれ 1 及び 800 とし、漏れ磁束はないものとする。また、 $L \gg r$ とする。

- 1 0.1 [mm]
- 2 0.2 [mm]
- 3 0.3 [mm]
- 4 0.4 [mm]
- 5 0.5 [mm]

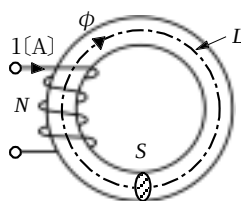


図 1

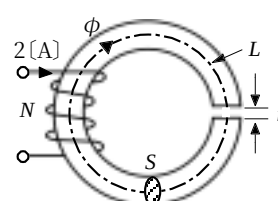


図 2

A - 3 図 1 に示す静電容量 [F] の平行平板空気コンデンサの極板間の間隔 r [m] を、図 2 に示すように d_0 [m] 広げ、そこに誘電率 ϵ [F/m] 厚さ d [m] の誘電体板をおいても C [F] に変化が生じなかった。このときの ϵ を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、空気の誘電率を ϵ_0 [F/m]、誘電体の面積は極板の面積 S [m²] に等しいものとする。

- 1 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 d_0}{d}$
- 2 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 d}{d_0}$
- 3 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 (d - d_0)}{d_0}$
- 4 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 d}{(d - d_0)}$
- 5 $\epsilon = \frac{\epsilon_0 d_0}{(d - d_0)}$

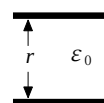


図 1

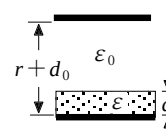
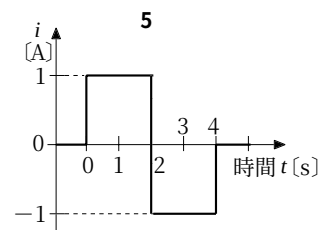
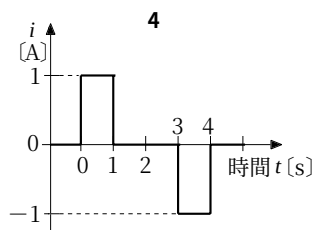
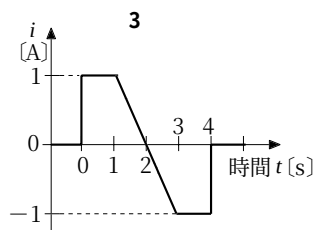
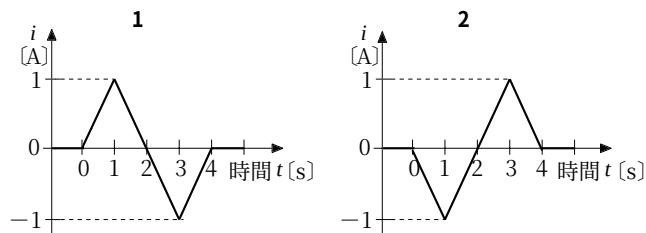
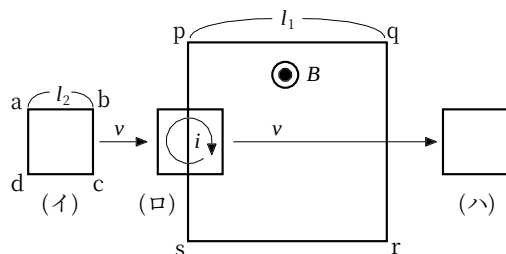


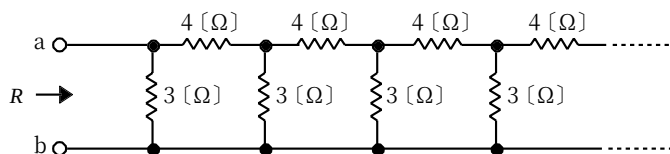
図 2

- A - 4図に示すように、一辺の長さ $l_1 = 3$ [m] の正方形 p q r s が紙面上にあり、その内部には紙面に垂直に裏から表の方向 (●) に磁束密度の大きさが $B = 0.1$ [T] の一様な磁界があり、それ以外の部分には磁界はない。いま、一辺の長さ $l_2 = 1$ [m] の導線からなる正方形 a b c d を紙面と平行にし、辺 b c を辺 p s と平行に保ちながら一定の速度 v で動かし、(イ) の位置から p q r s の磁界内を通り抜け、(ハ) の位置まで移動させた。このときの導線に流れる電流 i をグラフとして、正しいものを下の番号から選べ。ただし、導線の正方形の全抵抗は 0.1 [Ω]、電流の流れる向きは、頂点 a から b、c、d と流れる場合を正 (+) とし、b c と p s が重なった時間 t [s] とする。また、導線の太さは無視するものとする。



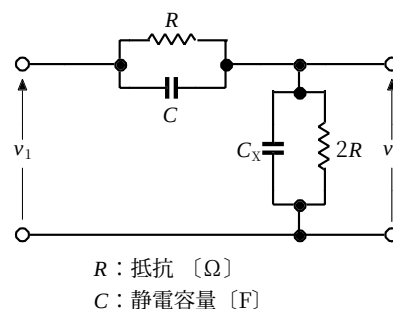
- A - 5図に示すように、 3 [Ω] と 4 [Ω] の抵抗が無限に接続されているはしご形回路の端子 a b 間の合成抵抗値として、最も近いものを下の番号から選べ。

- 1 0.5 [Ω]
- 2 1 [Ω]
- 3 1.5 [Ω]
- 4 2 [Ω]
- 5 2.5 [Ω]



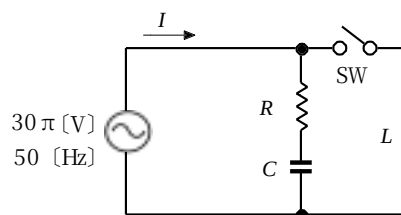
- A - 6図に示す交流回路で、出力電圧 v_2 [V] と入力電圧 v_1 [V] の比 v_2/v_1 が周波数に関係なく一定であるとき、静電容量 C_x を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。

- 1 $C_x = C/3$ [F]
- 2 $C_x = C/2$ [F]
- 3 $C_x = C$ [F]
- 4 $C_x = 2C$ [F]
- 5 $C_x = 3C$ [F]

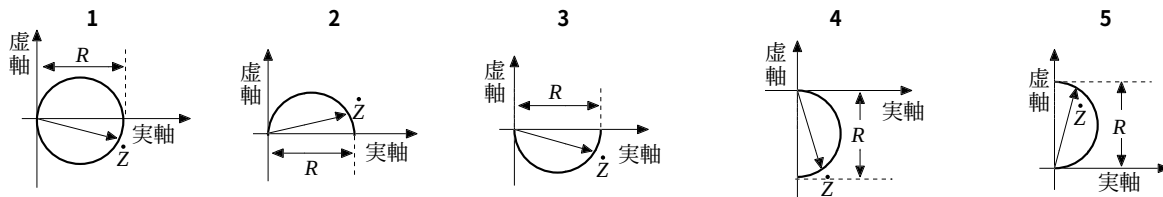
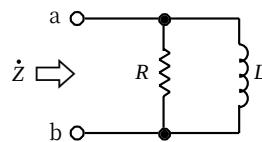


- A - 7図に示す回路において、スイッチ SW が断 (OFF) のとき、抵抗 [Ω] と静電容量 C [F] のコンデンサが直列に接続された回路に流れる電流 I が 1[A] で力率が 0.8 であった。SW を接 (ON) にして並列にコイルを接続したとき、力率が 1 に改善された。このときのコイルの自己インダクタンス L の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、交流電源の電圧を 30π [V]、周波数を 50 [Hz] とする。

- 1 0.4 [H]
- 2 0.5 [H]
- 3 0.6 [H]
- 4 0.7 [H]
- 5 0.8 [H]



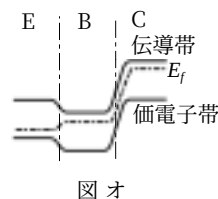
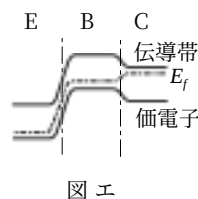
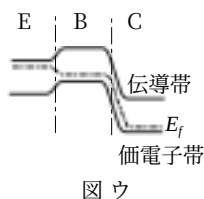
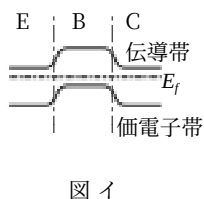
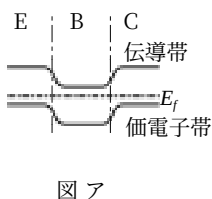
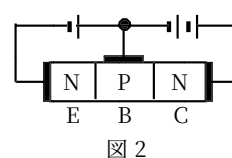
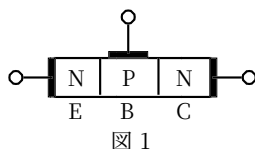
- A-8 図に示す抵抗 R [Ω] 及び自己インダクタンス L [H] の並列回路において、電源周波数を零 (0) から無限大 (∞) [Hz] まで変化させたとき、端子 a b 間のインピーダンス Z のベクトル軌跡として、最も近いものを下の番号から選べ。



- A-9 次の記述は、NPN 形バイポーラトランジスタ (Tr) のエネルギーバンドの構造について述べたものである。□ 内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、Tr は熱的平衡状態にあるものとする。また、エミッタ領域を E、ベース領域を B、コレクタ領域を C 及びフェルミ準位を E_f とする。

- (1) 図 1 に示すように、バイアスをかけないときのエネルギーバンドの構造は □ A □ である。
 (2) 図 2 に示すように、バイアスをかけたときのエネルギーバンドの構造は □ B □ である。

- | | A | B |
|---|----|----|
| 1 | 図ア | 図エ |
| 2 | 図ア | 図オ |
| 3 | 図イ | 図ウ |
| 4 | 図イ | 図エ |
| 5 | 図イ | 図オ |



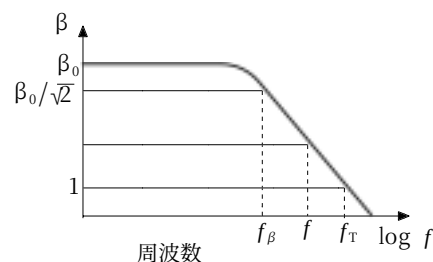
- A-10 図に示すトランジスタの特性曲線において、低周波領域におけるエミッタ接地電流増幅率 β_0 とすると、高周波 f [Hz] におけるエミッタ接地電流増幅率 β は、次式で表される。

$$\beta = \frac{\beta_0}{1 + jf/f_\beta}$$

ここで、 f_β [Hz] は β 遮断周波数である。 β の大きさが 1 になる周波数 (トランジション周波数) f_T が 60 [MHz] のとき、2 [MHz] における β の大きさとして、最も近いものを下の番号から選べ。

ただし、 $\beta_0 = 60\sqrt{2}$ とする。

- 1 14 2 28 3 38 4 46 5 60



- A-11 次の記述は、マイクロ波回路に用いられる電子管の特徴と用途について述べたものである。このうち誤っているものを下の番号から選べ。

- 1 マグネトロンは、発振出力が大きく、振幅変調及び周波数変調をすることが容易である。
- 2 マグネトロンは、レーダー用送信管や電子レンジ用発振管に適している。
- 3 反射形クライストロンは、発振周波数及び発振出力を変えることが容易である。
- 4 反射形クライストロンは、マイクロ波受信機の局部発振管や測定用電源に適している。
- 5 進行波管は、広帯域の増幅ができ、雑音が少なく多重通信やテレビジョン電波の伝送用に適している。

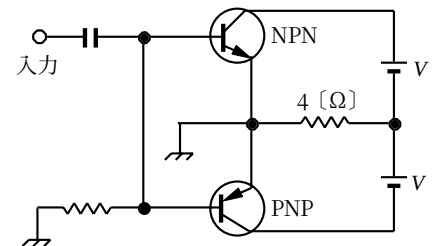
A-12 次の記述は、各種半導体素子について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。

- (1) サーミスタは、□Aの変化に対して電気抵抗が変化する素子である。
- (2) バリスタは、加える電圧の変化に対して□Bが変化する素子である。
- (3) バラクタダイオードは、加える電圧の変化に対して□Cが変化する素子である。

	A	B	C
1	圧力	電気抵抗	静電容量
2	圧力	磁気抵抗	インダクタンス
3	温度	電気抵抗	静電容量
4	温度	磁気抵抗	インダクタンス
5	温度	電気抵抗	インダクタンス

A-13 図に示すコンプリメンタリ SEPP回路において、4 [Ω] の負荷抵抗で消費される最大電力を 2 [W] にするとき、直流電源電圧 V の値として、最も近いものを下の番号から選べ。ただし、二つのトランジスタの特性は相補的で、動作は B 級とし、入力为正弦波とする。

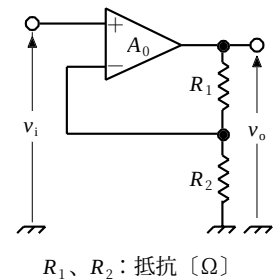
- 1 2 [V]
- 2 3 [V]
- 3 4 [V]
- 4 6 [V]
- 5 8 [V]



A-14 次の記述は、図に示す演算増幅器（オペアンプ）の負帰還回路の電圧増幅度について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、負帰還をかけないときの演算増幅器（オペアンプ）の電圧増幅度を A_0 、かけたときの負帰還回路の電圧増幅度を A_F 、帰還率を β とし、 $1 \ll A_0 \beta$ とする。

- (1) 帰還率 β は次式で表される。
 $\beta = \square A$
- (2) $1 \ll A_0 \beta$ であるので、 A_F は入力及び出力をそれぞれ v_i 及び v_o [V] とすると次式で表される。
 $A_F = v_o / v_i \quad \square B$
- (3) $R_1 = 95$ [kΩ]、 $R_2 = \square C$ [kΩ] のとき、 A_F は 20 となる。

	A	B	C
1	$1 + R_1 / R_2$	$1 / \beta$	5 [kΩ]
2	$1 + R_1 / R_2$	$A_0 \beta$	1 [kΩ]
3	$R_2 / (R_1 + R_2)$	$1 / \beta$	1 [kΩ]
4	$R_2 / (R_1 + R_2)$	$A_0 \beta$	1 [kΩ]
5	$R_2 / (R_1 + R_2)$	$\beta /$	5 [kΩ]



A-15 次の記述は、図 1 に示す充電回路における充電時間について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下を下の番号から選べ。ただし、交流電源電圧 v は図 2 に示すように $\sqrt{2} V \sin \omega t$ [V]、充電中の蓄電池の電圧は V [V] で一定とする。また、ダイオード D を理想ダイオードとし、蓄電池の内部抵抗は無視するものとする。

- (1) 最初の充電が始まる時間 t_1 は、□A [s] である。
- (2) 最初の充電が終わる時間 t_2 は、□B [s] である。
- (3) 1 [s] の間に充電が行われる時間の合計は、□C [s] である。

	A	B	C
1	$\pi / (3 \omega)$	$2 \pi / (3 \omega)$	1/2
2	$\pi / (3 \omega)$	$2 \pi / (3 \omega)$	1/3
3	$\pi / (3 \omega)$	$2 \pi / (3 \omega)$	1/4
4	$\pi / (4 \omega)$	$3 \pi / (4 \omega)$	1/2
5	$\pi / (4 \omega)$	$3 \pi / (4 \omega)$	1/4

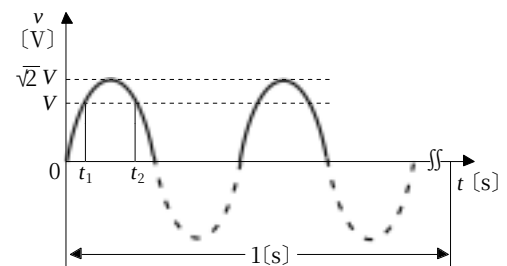
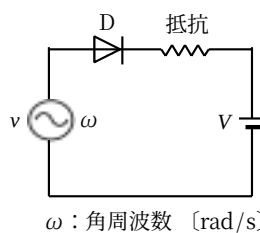


図 1

図 2

A-16 次の記述は、半加算器について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、□内の同じ記号は、同じ字句を示す。また、正論理とし、半加算器は、下位からの桁あげを考えない 2 進 1 桁 (1 ビット) の加算を行う加算器とする。

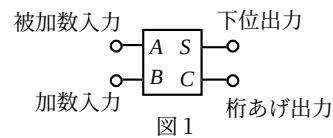
- (1) 図 1 に示すように、被加数入力を A、加数入力を B、下位出力を S 及び桁あげ出力を C とすると、四者の関係は次式及び次表で表される。

$$S = \square A \quad C = \square B$$

- (2) 表に示す A と B がともに 1 のとき、S は、□ C である。

- (3) これらの論理式を基に構成した半加算器の一例が □ D である。

	A	B	C	D
1	$\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$	$A \cdot B$	0	図 2
2	$\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$	$A + B$	1	図 3
3	$\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$	$A \cdot B$	1	図 3
4	$(\bar{A} + B) \cdot (A + \bar{B})$	$A + B$	0	図 3
5	$(\bar{A} + B) \cdot (A + \bar{B})$	$A \cdot B$	1	図 2



表

A	B	S	C
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	□ C	1

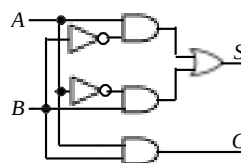


図 2

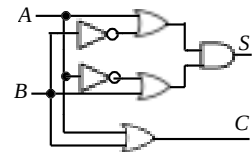


図 3

A-17 図 1 に示す直流電流の測定回路で、端子 a b 間に流したとき、直流電流計 (A) に流れる電流 [A] と図 2 に示す直流電流の測定回路で、端子 a c 間に流したとき、(A) に流れる電流 I_c [A] との比の値 I_b/I_c を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、(A) の内部抵抗を r [Ω] とする。また、図 2 は、図 1 の測定回路で抵抗 Ω 上に端子 a から R/n の点に端子 c を接続したものである。。

- $I_b/I_c = n$
- $I_b/I_c = 1/n$
- $I_b/I_c = (R+r)/(nR)$
- $I_b/I_c = (R+r)/(nr)$
- $I_b/I_c = n(R+r)/R$

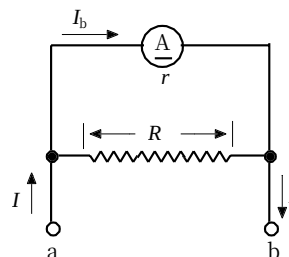


図 1

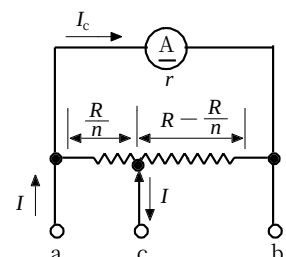


図 2

A-18 次の記述は、図 1 に示す方形波を図 2 に示す整流形電流計で計測するときの指示誤差について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、ダイオード D は理想的に動作するものとする。

- (1) 周期 T [s] の方形波の実効値は、□ A [A] である。
- (2) 正弦波の実効値で目盛りを校正してある可動コイル形電流計 (A) は、約 □ B [A] を指示する。
- (3) 指示誤差は、約 □ C [%] である。

	A	B	C
1	$I/\sqrt{2}$	I	21
2	$I/\sqrt{2}$	$1.41I$	11
3	I	$1.11I$	11
4	I	$1.41I$	14
5	$\sqrt{2} I$	$1.11I$	21

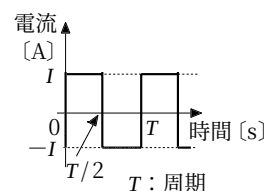


図 1

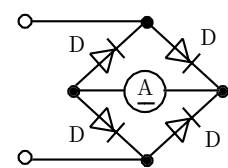


図 2

A-19 次の記述は、図に示す熱電形計器による有効電力の測定原理について述べたものである。□内に入れるべき字句の正しい組合せを下の番号から選べ。ただし、負荷に加える電圧 v 及び電流 i は、位相差を ϕ として次式で表すものとする。

$$v = V \sin \omega t \quad [\text{V}] \quad i = I \sin (\omega t - \phi) \quad [\text{A}]$$

(1) 電流 i_1 は電圧 v に比例し、電流 i_2 は電流 i に比例するので、次式が成り立つ。

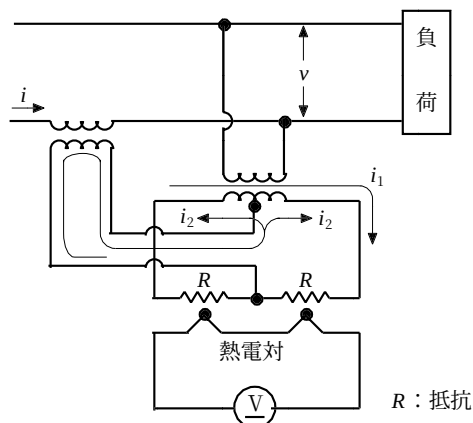
$$i_1 \propto V \sin \omega t \quad i_2 \propto I \sin (\omega t - \phi)$$

(2) 電圧計 (V) の指示値 V_0 は、周期を T とすれば、次式が成り立つ。

$$V_0 \propto \frac{1}{T} \int_0^T \{ (i_1 + i_2)^2 \quad \square \text{A} \quad i_1(-i_2)^2 \} dt \propto \frac{VI}{T} \int_0^T \{ \square \text{B} - \cos (\omega t - \phi) \} dt$$

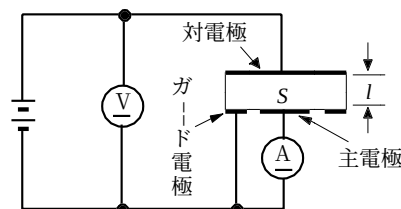
(3) V_0 は、□C に比例した大きさになり、有効電力の測定ができる。

	A	B	C
1	+	$\sin \phi$	$VI \cos \phi$
2	+	$\cos \phi$	$VI \sin \phi$
3	-	1	VI
4	-	$\sin \phi$	$VI \sin \phi$
5	-	$\cos \phi$	$VI \cos \phi$



A-20 図に示す厚さ l [m] の板状絶縁物の体積抵抗率 ρ を表す式として、正しいものを下の番号から選べ。ただし、直流電圧計 (V) の指示値を V [V]、直流電流計 (A) の指示値を I [A] 及び主電極の面積を S [m²] とし、(A) の内部抵抗は無視するものとする。

- 1 $\rho = VI / (IS)$ [$\Omega \cdot \text{m}$]
- 2 $\rho = VSI / l$ [$\Omega \cdot \text{m}$]
- 3 $\rho = VSI l$ [$\Omega \cdot \text{m}$]
- 4 $\rho = VS / (Il)$ [$\Omega \cdot \text{m}$]
- 5 $\rho = Il / (VS)$ [$\Omega \cdot \text{m}$]

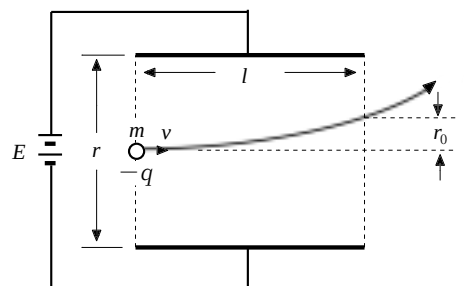


B-1 次の記述は、図に示す平行板電極間を移動する電子の運動について述べたものである。□内に入れるべき字句を下の番号から選べ。ただし、□内同じ記号は、同じ字句を示す。また、重力の影響はないものとし、長さ l [m] の平行板の間にのみ平等電界が存在するものとする。

E [V] の電圧が加えられている間隔 r [m] の平行板電極間に、質量 m [kg]、電荷 $-q$ [C] ($q > 0$) の電子が速度 v [m/s] で、平行板と平行に入射すると、次のことがいえる。

- (1) 電子が電界から受ける力の大きさは、□ア [N] である。
- (2) 電子の電極方向の加速度の大きさは、□イ [m/s²] である。
- (3) 平等電界から力を受ける時間の長さは、□ウ [s] である。
- (4) 電子が □ウ [s] で電極方向に移動する距離 (偏向幅) r_0 は、□エ [m] である。
- (5) 平等電界を出るときの電子の速度の大きさは v より、□オ。

- | | | | | |
|---------|-------------|----------|-------|-------------------------|
| 1 qE | 2 $qE/(mr)$ | 3 qE/r | 4 大きい | 5 $q l^2 E / (mrv^2)$ |
| 6 l/v | 7 qE/m | 8 r/v | 9 小さい | 10 $q l^2 E / (2mrv^2)$ |



B - 2 次の記述は、図に示す交流回路の特性について述べたものである。□ に入るべき字句を下の番号から選べ。ただし、入力電源電圧及び出力電圧をそれぞれ $\dot{v}$ 及び $\dot{v}_L$ [V] とし、角周波数を ω [rad/s] とする。また、入力電源の内部抵抗及びコイルの抵抗は零とし、静電容量 C [F] と自己インダクタンス L [H] の間には、 $1/(\omega C) = 2\omega L$ の関係が成り立つものとする。

(1) $\dot{v}_L$ は、次式で表される。

$$\dot{v}_L = \frac{\text{ア}}{j\omega L + \frac{R}{1+j\omega CR}} \dot{v} \quad [\text{V}]$$

(2) $1/(\omega C) = 2\omega L$ を代入して整理すると、次式が得られる。

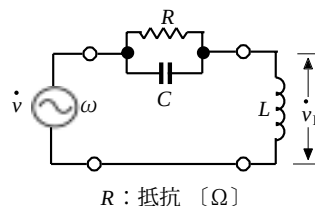
$$\dot{v}_L = \frac{2\omega L + jR}{\text{イ}} \dot{v} \quad [\text{V}]$$

(3) したがって、 $\dot{v}_L$ の大きさ $|\dot{v}_L|$ と $\dot{v}$ の大きさ $|\dot{v}|$ の関係は、次式で表される。

$$|\dot{v}_L| = \text{ウ} \times |\dot{v}| \quad [\text{V}]$$

(4) $R = 0$ [Ω] のとき、 $\dot{v}_L$ と $\dot{v}$ の位相差は エ [rad] で、 $R = \infty$ [Ω] のときの位相差は オ [rad] である。

- | | | | | |
|------------------|--------------------|-----|---------|------------|
| 1 $j\omega L$ | 2 $2\omega L - jR$ | 3 0 | 4 2 | 5 $-\pi/2$ |
| 6 $1/(\omega C)$ | 7 $2\omega L + jR$ | 8 1 | 9 π | 10 $\pi/2$ |



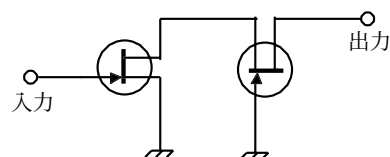
B - 3 次の記述は、接合形電界効果トランジスタ (FET) と比べたときの MOS 形 FET の特徴について述べたものである。このうち正しいものを 1、誤っているものを 2 として解答せよ。

- ア デプレッション形とエンハンスメント形がある。
- イ ゲートとチャネルの間に絶縁体を入れた構造である。
- ウ 絶縁破壊しにくい。
- エ ソース接地回路では、入力抵抗が大きい。
- オ ゲート電流が多い。

B - 4 次の記述は、図に示す電界効果トランジスタ (FET) を用いたカスコード増幅回路の原理的構成について述べたものである。□ に入れるべき字句を下の番号から選べ。

- (1) FET の □ ア 接地増幅器の負荷として、入力インピーダンスの低い □ イ 接地増幅回路が接続された形である。
- (2) 入出力間の漂遊容量による結合が □ ウ である。
- (3) 全体として安定に動作し、□ エ 入力インピーダンスと利得を持つ。
- (4) アナログ回路では、□ オ 増幅回路に多く用いられる。

- | | | | | |
|-------|--------|------|-------|------|
| 1 ソース | 2 ドレイン | 3 高い | 4 低周波 | 5 密 |
| 6 ゲート | 7 ベース | 8 低い | 9 高周波 | 10 疎 |



B - 5 図に示すそれぞれの周期性を有する波形の電圧を熱電形計器で測定したとき、 $V/\sqrt{2}$ [V] を指示するものを 1、指示しないものを 2 として解答せよ。ただし、それぞれの波形の最大電圧を V [V] とする。

