

【04】電気電子部門

12時00分～14時00分

Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

Ⅲ－1 図は2個の同心球の導体である。導体1に電荷 Q が与えられ、導体2の電荷がゼロであるとき、導体1の電位として、最も適切なものはどれか。ただし、球内外の誘電率は ε_0 とする。

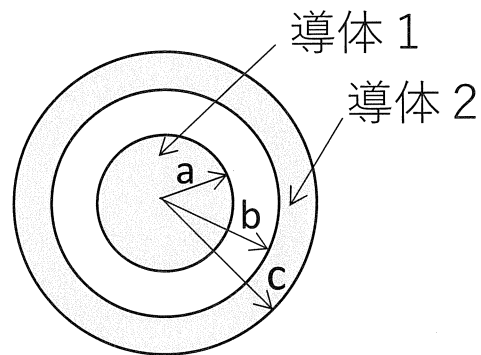
① $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}\right)$

② $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}\right)$

③ $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c}\right)$

④ $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} + \frac{1}{c}\right)$

⑤ $\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a}$



Ⅲ－2 電気電子に関する物理現象における効果に関する次の記述のうち、最も不適切ものはどれか。

① 「ゼーベック効果」とは、熱と電気との間に関する効果の一種であり、熱電対温度計に 응용されている。

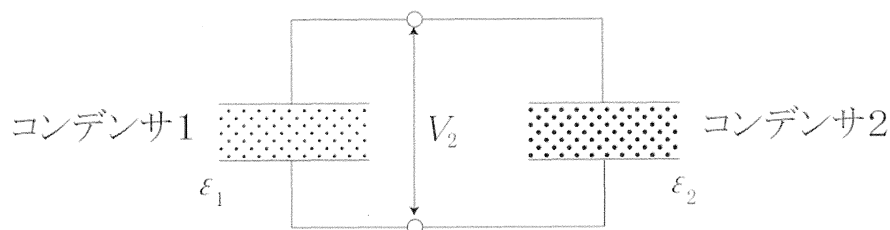
② 「ペルチェ効果」とは、熱と電気との間に関する効果の一種であり、電子冷房に 응용されている。

③ 「光電効果」とは、光と電気との間に関する効果の一種であり、太陽電池に 응용されている。

④ 「ピエゾ効果」とは、圧力と電圧との間に関する効果の一種であり、マイクロホンに 응용されている。

⑤ 「トンネル効果」とは、電流と磁界との間に関する効果の一種であり、磁束計に 응용されている。

Ⅲ－３ 下図のように、比誘電率 ε_1 の誘電体をつめたコンデンサ 1 を電圧 V_1 に充電し、比誘電率 ε_2 の誘電体をつめた同形・同大のコンデンサ 2 を並列に接続したところ、電圧が V_2 になった。比誘電率の比 $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、コンデンサ 2 の初期電荷は 0 とする。



- ① $\frac{V_1}{V_2}$ ② $\frac{V_2}{V_1}$ ③ $\frac{V_2}{V_1-V_2}$ ④ $\frac{V_1}{V_2-V_1}$ ⑤ $\frac{V_2-V_1}{V_1}$

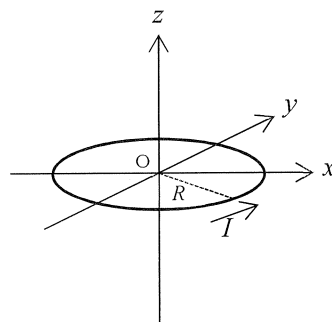
Ⅲ－４ 図のように、透磁率が μ の真空中において x - y 平面に原点を中心とする半径 R の円形回路があり、図中に示す方向に電流 I ($I > 0$) が流れている。円の中心 O における磁束密度の向きと磁束密度の大きさ B の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、微小長さの電流 Ids が距離 r だけ離れた点に作る磁束密度の大きさ dB は、以下のビオ・サバールの法則で与えられる。

$$dB = \frac{\mu}{4\pi} \frac{Ids}{r^2}$$

磁束密度の向き

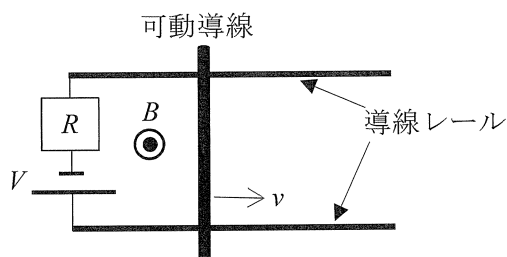
磁束密度の大きさ B

- | | |
|-----------|----------------------------------|
| ① $-z$ 方向 | $\frac{\mu I}{2R^2}$ |
| ② $+z$ 方向 | $\frac{\mu I}{2R^2}$ |
| ③ $+z$ 方向 | $\frac{\mu I}{4R^{\frac{3}{2}}}$ |
| ④ $+z$ 方向 | $\frac{\mu I}{2R}$ |
| ⑤ $-z$ 方向 | $\frac{\mu I}{2R}$ |



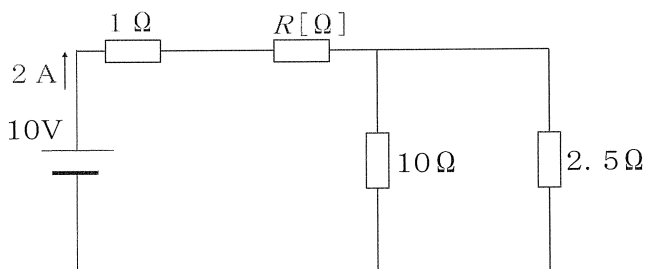
Ⅲ－５ 図のように，真空中において間隔 d で平行な導線レールが水平に設置されており，その上に可動導線がレールに接触するように置かれている。レールには図に示すように抵抗 R と理想定電圧源 V がつながれている。空間には一様な磁束密度 B が図に示す方向に印加されている。可動導線を図に示す方向に一定の速度 v ($v > 0$) で動かしたとき可動導線に流れる電流を表す式として，最も適切なものはどれか。レール及び可動導線の電気抵抗及び摩擦は無視できる。また，レール，可動導線，電気回路は空間の磁束を乱すことはない。

- ① $\frac{V}{R} - vBd$
- ② $\frac{V}{R} + vBd$
- ③ $\frac{V}{R} + vB^2d^2$
- ④ $\frac{V}{R} - \frac{vBd}{R}$
- ⑤ $\frac{V}{R} + \frac{vBd}{R}$



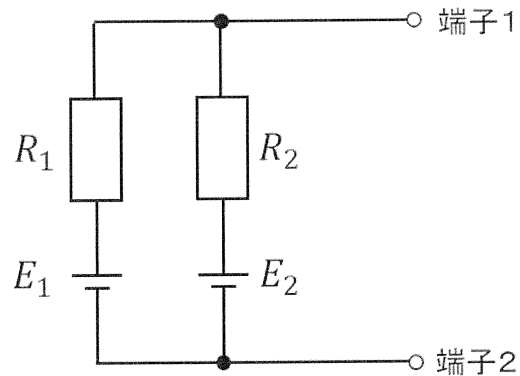
Ⅲ－６ 下図の回路において， 10V の電圧源に流れる電流が 2A のとき，抵抗 R の値として，最も適切なものはどれか。

- ① $1\ \Omega$
- ② $1.5\ \Omega$
- ③ $2\ \Omega$
- ④ $2.5\ \Omega$
- ⑤ $3\ \Omega$



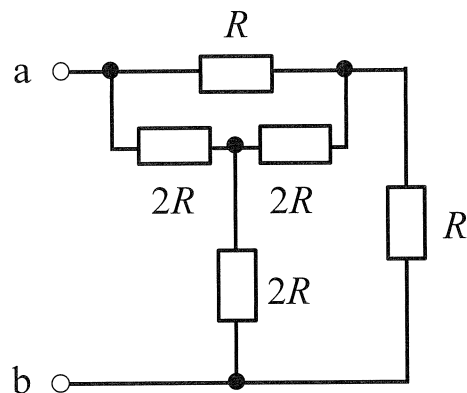
Ⅲ－７ 理想定電圧源と抵抗器からなる図の回路がある。端子１と端子２の間を開放状態に保ったときの、端子２に対する端子１の電位（開放電圧）を E_0 と表し、端子１と端子２の間を短絡状態に保った時の、端子１から端子２に流れる電流（短絡電流）を I_0 とするとき、 E_0 と I_0 の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- ① $E_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 + R_2}$, $I_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 R_2}$
- ② $E_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 + R_2}$, $I_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 R_2}$
- ③ $E_0 = \frac{R_1 E_1 - R_2 E_2}{R_1 + R_2}$, $I_0 = \frac{R_2 E_1 - R_1 E_2}{R_1 R_2}$
- ④ $E_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 + R_2}$, $I_0 = \frac{R_1 E_1 + R_2 E_2}{R_1 R_2}$
- ⑤ $E_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 + R_2}$, $I_0 = \frac{R_2 E_1 + R_1 E_2}{R_1 R_2}$



Ⅲ－８ 下図の回路において、端子 a b からみた合成抵抗として、最も適切なものはどれか。

- ① $\frac{2R}{3}$
- ② R
- ③ $\frac{4R}{3}$
- ④ $\frac{5R}{3}$
- ⑤ $2R$



Ⅲ－９ 下図の回路において、時刻 $t=0$ で、スイッチ S を閉じる。そのとき、初期条件 $v(0)=v_0$ を満たす電圧 $v(t)$ を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、 E は理想直流電圧源、 R は抵抗、 C はコンデンサ（キャパシタ）を表す。

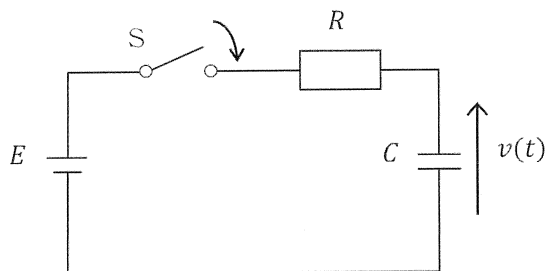
① $(v_0 + E)e^{-\frac{t}{RC}} - E$

② $(v_0 + E)e^{-\frac{t}{RC}} + E$

③ $(v_0 - E)e^{-\frac{t}{RC}} + E$

④ $(v_0 - E)e^{\frac{t}{RC}} + E$

⑤ $(v_0 - E)e^{\frac{t}{RC}} - E$



Ⅲ－10 下図に示される，スイッチSW，理想直流電圧源 E ，抵抗器 R ，コイル L からなる回路で，スイッチSWを接点 a に接続し十分に長い時間たった後，接点 b に切り替えた場合に，この後回路に流れる電流 i として，最も適切なものはどれか。なお，スイッチを切り替えた時刻を $t = 0$ とする。

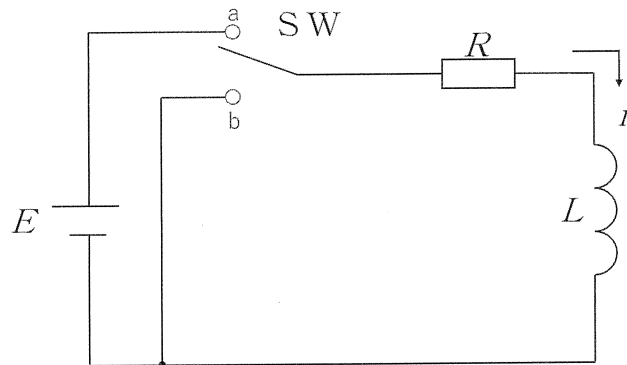
① $i = \frac{R}{E} e^{-\frac{R}{L}t}$

② $i = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$

③ $i = \frac{E}{R} e^{\frac{R}{L}t}$

④ $i = \frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t}$

⑤ $i = \frac{E}{R} \left(1 + e^{-\frac{R}{L}t} \right)$



Ⅲ－11 下図に示すような，抵抗 R ，コイル L ，コンデンサ C ，からなる直列回路がある。交流正弦波電源の共振周波数 f が 1 [MHz] であった場合の，コンデンサの静電容量 C と Q 値（共振の鋭さ：Quality Factor）として最も適切なものはどれか。ただし， $R = 1$ [k Ω]， $L = 25$ [mH] とする。

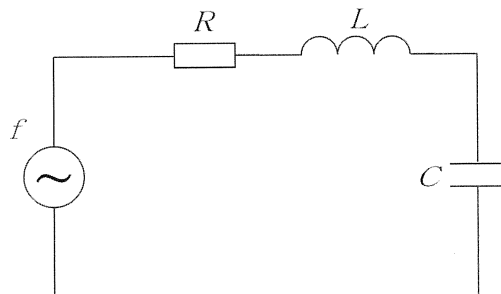
① $C = 40$ [pF]， $Q = 157$

② $C = 40$ [pF]， $Q = 25$

③ $C = 1$ [pF]， $Q = 157$

④ $C = 1$ [pF]， $Q = 79$

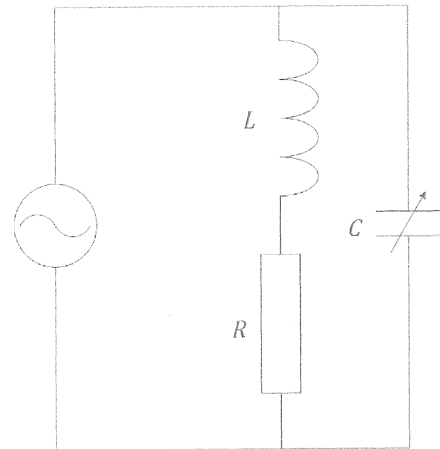
⑤ $C = 1$ [pF]， $Q = 25$



Ⅲ－１２ 交流並列共振回路に関する次の記述の、 に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

下図のような並列共振回路で $L=100\mu\text{H}$ かつ R が十分小さいとき、 535kHz から 1605kHz の周波数に同調させるには、キャパシタンス C の値は ア F から イ F の範囲で変化できるものであればよい。

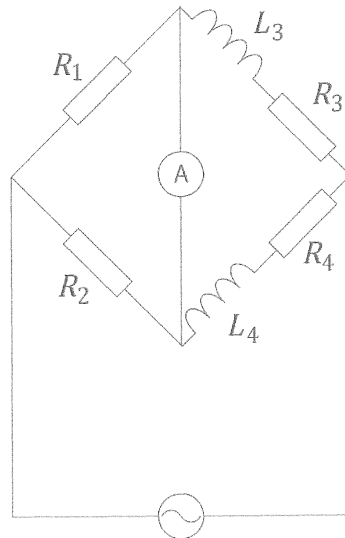
- | | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|---|-----------------------|------------------------|
| ① | 885×10^{-12} | 98.3×10^{-12} |
| ② | 1.77×10^{-9} | 197×10^{-12} |
| ③ | 2.78×10^{-9} | 309×10^{-12} |
| ④ | 5.56×10^{-9} | 618×10^{-12} |
| ⑤ | 885×10^{-9} | 98.3×10^{-9} |



Ⅲ－13 交流ブリッジ回路の平衡条件に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

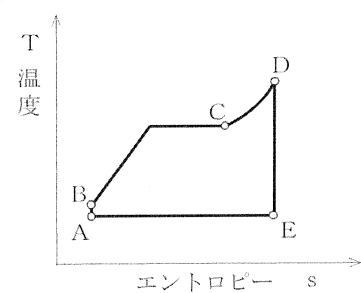
下図のようなブリッジ回路が平衡状態にあるとき、 $R_4 =$ Ω 、 $L_4 =$ mH である。ただし、 $R_1 = 2\text{k}\Omega$ 、 $R_2 = 4\text{k}\Omega$ 、 $R_3 = 60\Omega$ 、 $L_3 = 20\text{mH}$ とする。

- | | ア | イ |
|---|-------|----|
| ① | 30 | 10 |
| ② | 120 | 10 |
| ③ | 0.008 | 10 |
| ④ | 30 | 40 |
| ⑤ | 120 | 40 |

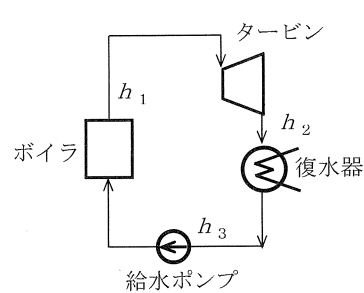


Ⅲ－14 汽力発電に関する次の記述の、 に入る記号と数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

下図は汽力発電のT－s線図と熱サイクルを示したものである。図AのT－s線図において断熱膨張を表す部分はアである。また、図Bにおける各部の汽水の比エンタルピー[kJ/kg]が、下表の値であるとき、この熱サイクルの効率の値は、イ[%]である。ただし、ボイラ、タービン、復水器以外での比エンタルピーの増減は無視するものとする。



図A



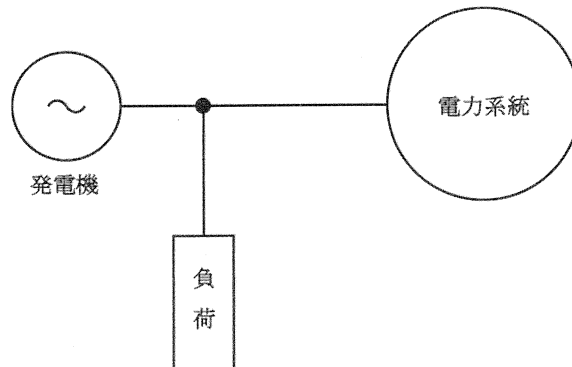
図B

表

比エンタルピー [kJ/kg]		
ボイラ 出口蒸気	h_1	3 3 4 9
タービン 排気	h_2	1 9 5 3
給水ポンプ 入口給水	h_3	1 5 0

- | | | |
|---|----------|----------|
| | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
| ① | B→D | 43.6 |
| ② | D→E | 43.6 |
| ③ | B→D | 53.8 |
| ④ | D→E | 53.8 |
| ⑤ | A→B | 58.3 |

Ⅲ－15 下図のように発電機が、容量290kVA、力率遅れ0.75の負荷に電力を供給しながら、電力系統に並列して運転している。発電機の出力が1.1MVA、力率遅れ0.85のとき、発電機が電力系統に送電する電力の力率として、最も近い値はどれか。



- ① 遅れ0.82 ② 遅れ0.85 ③ 遅れ0.88 ④ 遅れ0.91 ⑤ 遅れ0.94

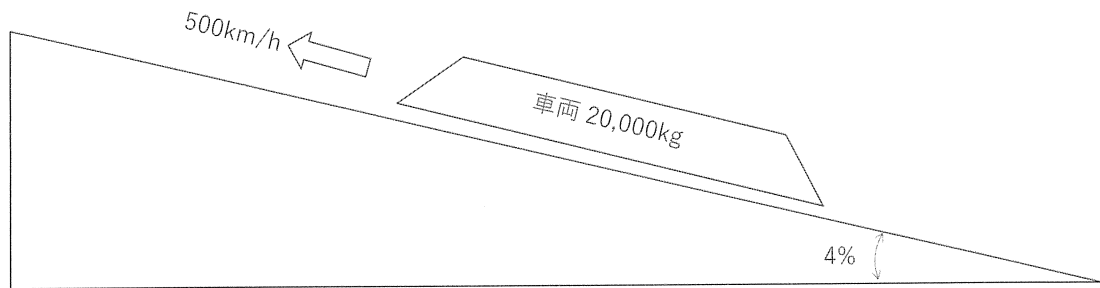
Ⅲ－16 直流機に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

直流電動機は磁界を発生する ア とトルクを受け持つ イ で構成されている。
 直流発電機の発電原理は ウ を利用しており、直流電動機は エ と電流による オ を利用している。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|-----|-----|-------|----|-------|
| ① | 界磁 | 電機子 | 運動起電力 | 電束 | 起磁力 |
| ② | 界磁 | 電機子 | 運動起電力 | 磁束 | 電磁力 |
| ③ | 電機子 | 界磁 | 電磁力 | 電束 | 運動起電力 |
| ④ | 電機子 | 界磁 | 運動起電力 | 磁束 | 電磁力 |
| ⑤ | 電機子 | 界磁 | 電磁力 | 磁束 | 起磁力 |

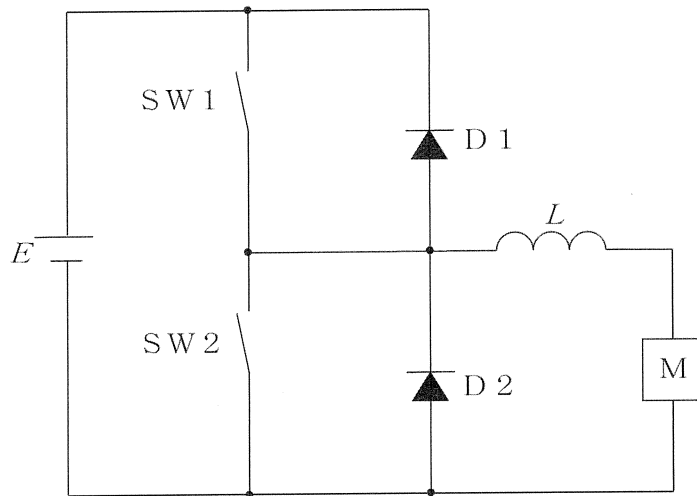
Ⅲ－17 リニアモーターは高速鉄道への利用が脚光を浴びており，超電導磁気浮上式鉄道ではリニア同期モーターが使用されている。この方式の車両が対地速度500 [km/h] 一定で走行しているときの電源供給周波数 f [Hz] として，最も近い値はどれか。

ただし，車両の重量を20,000 [kg]，極ピッチを1.39 [m]，線路登り勾配は4 %とする。



- ① 25 ② 50 ③ 100 ④ 200 ⑤ 400

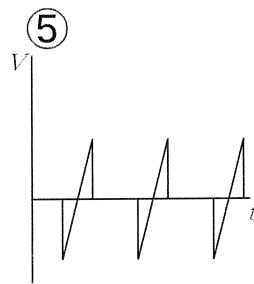
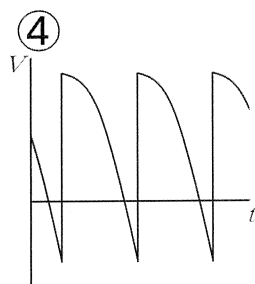
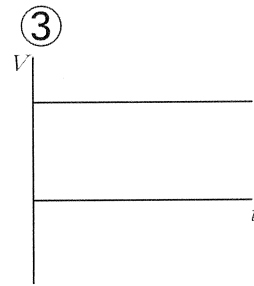
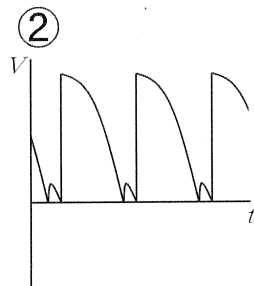
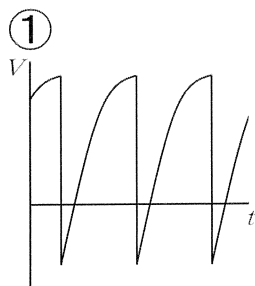
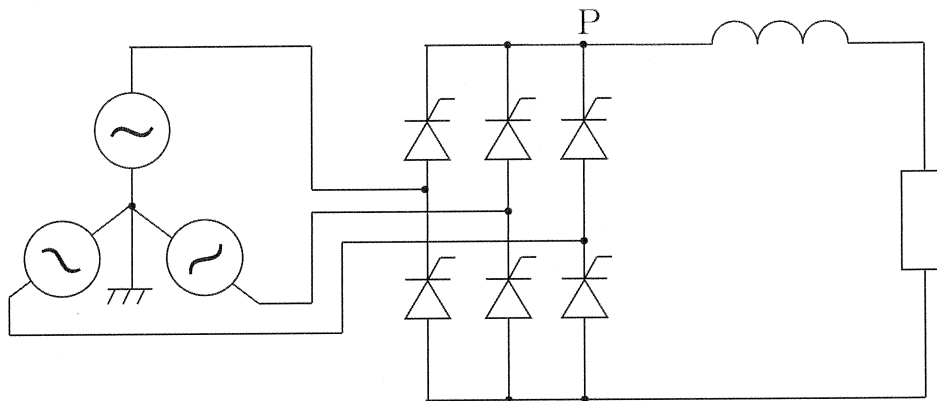
Ⅲ－18 下図のようなDC－DCコンバータに関する次の記述の，に入る語句の組合せとして，最も適切なものはどれか。 E は理想直流電圧源， L はインダクタ， M は直流電動機を含む負荷， $SW1$ ， $SW2$ は理想スイッチ， $D1$ ， $D2$ は理想ダイオードを表す。なお，スイッチング周波数は十分高いものとする。



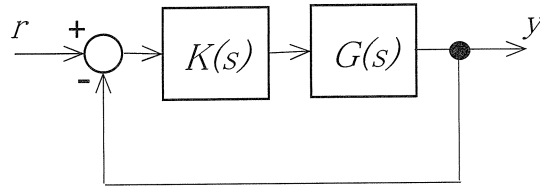
まず， $SW1$ のみを周期的にOn－Offさせ $SW2$ をOff状態にすると，アチョップ回路が構成され，イからウに電力が供給される。次に， $SW2$ のみを周期的にOn－Offさせ $SW1$ をOff状態にすると，エチョップ回路が構成され，ウからイに電力が供給される。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|----|----|----|
| ① | 降圧 | 電源 | 負荷 | 昇圧 |
| ② | 降圧 | 負荷 | 電源 | 昇圧 |
| ③ | 昇圧 | 負荷 | 電源 | 降圧 |
| ④ | 昇圧 | 電源 | 負荷 | 昇圧 |
| ⑤ | 昇圧 | 電源 | 負荷 | 降圧 |

Ⅲ－19 下図に示す三相サイリスタブリッジ回路において、制御遅れ角を 60° で運転しているとする。直流側のインダクタンスは十分大きく、負荷に一定電流が流れているとみなせるとき、点Pの電位 V として、最も適切な波形はどれか。



Ⅲ－20 図に示すフィードバック制御系において、 $K(s)=2$ 、 $G(s)=\frac{2}{s}$ とする。この閉ループ系の時定数とゲインの組合せとして、最も適切なものはどれか。



	時定数	ゲイン
①	4	0.25
②	4	1
③	1	4
④	0.25	4
⑤	0.25	1

Ⅲ－21 高電圧の計測に関する次の記述の、に入る語句と数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

高電圧の電圧測定器として用いられる球ギャップ（平等電界）間の火花電圧は、
ア火花電圧を基準として、気体の圧力 p とギャップ長 d の積（ pd 積）を増加させた場合 イし、 pd 積を減少させても イする。球ギャップ間の ア火花電圧は、球ギャップが空気中にあるときは ウ V になる。空気を構成する酸素と比較すると、酸素単独のときの火花電圧は、空気の火花電圧と比べて エ。それは酸素単独の電子親和力は、空気よりも高いためである。

	ア	イ	ウ	エ
①	最小	増加	233	低い
②	最小	減少	340	高い
③	最小	増加	340	等しい
④	最小	増加	340	高い
⑤	最大	減少	233	低い

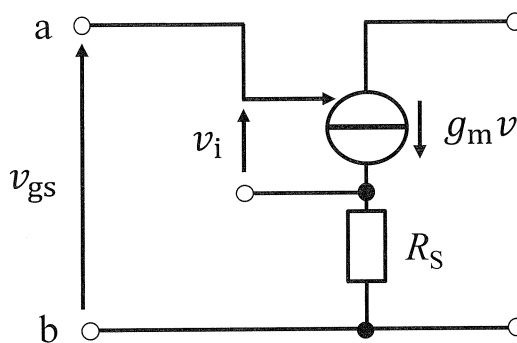
Ⅲ－22 理想オペアンプの特性として、最も不適切なものはどれか。

- ① 入力インピーダンスが無限大である。
- ② 出力インピーダンスが0である。
- ③ 差動電圧利得が1である。
- ④ 同相電圧利得が0である。
- ⑤ 周波数帯域幅が無限大である。

Ⅲ－23 下図のような回路において、端子 a b 間に電圧 v_{gs} を印加したとき、電圧の比 $\frac{v_i}{v_{gs}}$

を表す式として、最も適切なものはどれか。ただし、 R_s は抵抗、 g_m は相互コンダクタンスとし、回路における図記号 $\bigcirc$ の部分は理想電流源で、その電源電流が電圧 v_i に比例する $g_m v_i$ であるとする。

- ① $g_m R_s$
- ② $\frac{1}{g_m R_s}$
- ③ $1 + g_m R_s$
- ④ $\frac{1}{1 + g_m R_s}$
- ⑤ $\frac{g_m}{1 + g_m R_s}$



Ⅲ－24 3変数 A 、 B 、 C から構成される論理式 $A \cdot B + \bar{A} \cdot C + B \cdot C$ を最も簡略化した論理式として、最も適切なものはどれか。ただし、論理変数 X 、 Y に対して、 $X + Y$ は論理和を表し、 $X \cdot Y$ は論理積を表す。また、 $\bar{X}$ は X の否定を表すものとする。

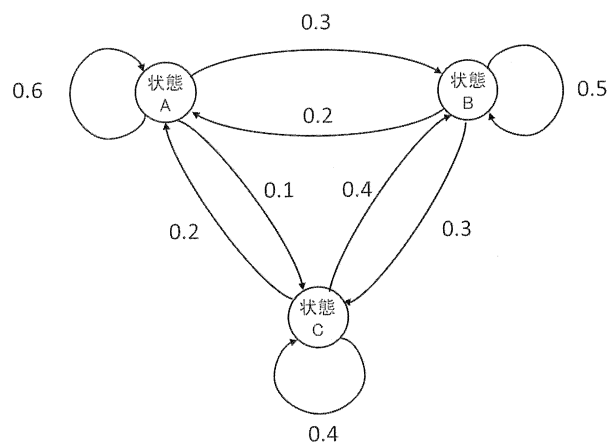
- ① $A \cdot B + B \cdot C$
- ② $\bar{A} \cdot C + B \cdot C$
- ③ $A \cdot B + \bar{A} \cdot C$
- ④ $A \cdot B + B \cdot C + A \cdot B \cdot C$
- ⑤ $A \cdot B + \bar{A} \cdot C + A \cdot B \cdot C$

Ⅲ－25 CMOS（相補型Metal Oxide Semiconductor）論理回路は、多数のMOSトランジスタを多層金属配線を用いて集積化することにより構成されている。CMOS論理回路を高速化する方法として、最も不適切なものはどれか。

- ① MOSトランジスタのゲート長を短くする。
- ② MOSトランジスタのゲート絶縁膜容量を大きくする。
- ③ 多層金属配線の抵抗率を低くする。
- ④ 多層金属配線間の層間絶縁膜容量を大きくする。
- ⑤ CMOS論理回路の電源電圧を高くする。

Ⅲ－26 エルゴード性を持つマルコフ情報源が、3つの状態A、状態B、状態Cからなり、下図に示す遷移図を持つものとする。このとき、状態Aの定常確率 P_A 、状態Bの定常確率 P_B 、状態Cの定常確率 P_C の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- ① $P_A = \frac{1}{5}$, $P_B = \frac{2}{5}$, $P_C = \frac{2}{5}$
- ② $P_A = \frac{1}{4}$, $P_B = \frac{5}{16}$, $P_C = \frac{7}{16}$
- ③ $P_A = \frac{1}{3}$, $P_B = \frac{11}{27}$, $P_C = \frac{7}{27}$
- ④ $P_A = \frac{1}{2}$, $P_B = \frac{3}{8}$, $P_C = \frac{1}{8}$
- ⑤ $P_A = \frac{1}{3}$, $P_B = \frac{1}{3}$, $P_C = \frac{1}{3}$



Ⅲ－27 表に示すような4個の情報源シンボル s_1, s_2, s_3, s_4 からなる無記憶情報源がある。
各情報源シンボルの発生確率は、表に示すとおりであるが、 X, Y の値は各々正の未知定数である。この情報源に対し、ハフマン符号によって二元符号化を行ったときに得られる平均符号長として、最も近い値はどれか。

情報源シンボル	発生確率
s_1	X
s_2	0.3
s_3	Y
s_4	0.4

- ① 1.5 ② 1.6 ③ 1.7 ④ 1.8 ⑤ 1.9

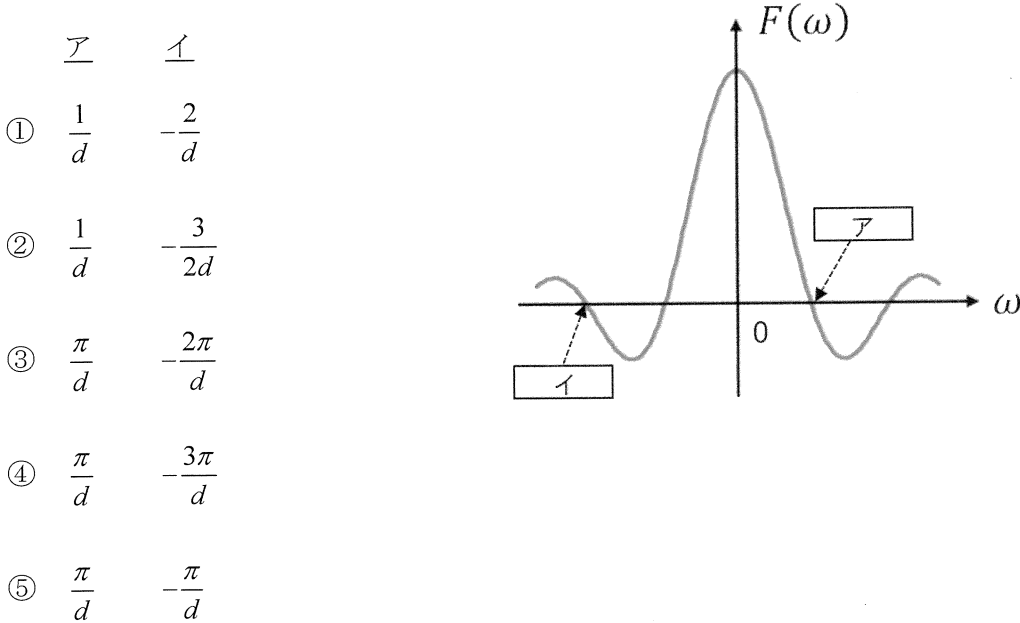
Ⅲ－28 次式で示す方形波パルス $f(x)$ のフーリエ変換 $F(\omega)$ は図に示すように変換される。

$$f(x) = \begin{cases} 1 & (|x| \leq d) \\ 0 & (|x| > d) \end{cases}$$

このとき、図中の□に入る $F(\omega) = 0$ となる ω の組合せのうち、最も適切なものはどれか。

ただし、フーリエ変換は以下の式で定義されるものとする。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i\omega x} dx$$



Ⅲ－29 時間領域の信号 $f_1(t)$ 及び $f_2(t)$ の二つの信号の畳み込み $f(t)$ は

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x) f_2(t-x) dx$$

と定義され、記号的に $f(t) = f_1(t) * f_2(t)$ と表される。また周波数領域の信号 $F_1(\omega)$ 及び $F_2(\omega)$ の二つの信号の畳み込み $F(\omega)$ は

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(x) F_2(\omega-x) dx$$

と定義され、記号的に $F(\omega) = F_1(\omega) * F_2(\omega)$ と表される。二つの信号の畳み込みに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 時間領域の信号 $f_1(t)$, $f_2(t)$ 及び $f_3(t)$ について,
 $(f_1(t) * f_2(t)) * f_3(t) = f_1(t) * (f_2(t) * f_3(t))$
が成り立つ。
- ② 畳み込みは順序を入れ替えても結果は等しくなる。すなわち
 $f_1(t) * f_2(t) = f_2(t) * f_1(t)$ である。
- ③ $f_1(t) * f_2(t)$ をフーリエ変換すると、それぞれの時間領域信号をフーリエ変換した関数 $F_1(\omega)$ 及び $F_2(\omega)$ の畳み込み $F_1(\omega) * F_2(\omega)$ となる。
- ④ 単位インパルス関数 $\delta(t)$ と関数 $g(t)$ との畳み込みは $g(t)$ そのものとなる。
- ⑤ 周波数領域の畳み込み $F_1(\omega) * F_2(\omega)$ のフーリエ逆変換はそれぞれの周波数領域信号をフーリエ逆変換した関数 $f_1(t)$ 及び $f_2(t)$ の積に 2π を掛けた値 $2\pi f_1(t) f_2(t)$ となる。

Ⅲ－30 無線LANなどで使われるCSMA (Carrier Sense Multiple Access) に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

CSMAは各端末で ア すべき イ が発生した時、他の端末が ア していな
いかどうかを確認し、他の端末からの信号が検出されなければ、 ア を行う。一方、
他の端末からの信号を検出した場合、他端末の ウ を待って、 ア を行う。

- | | ア | イ | ウ |
|---|----|------|---------|
| ① | 受信 | データ | 送信終了 |
| ② | 送信 | データ | 送信終了 |
| ③ | 同期 | 時間ずれ | 同期終了 |
| ④ | 同期 | 時間ずれ | タイミング変更 |
| ⑤ | 受信 | データ | 受信終了 |

Ⅲ－31 デジタル変調方式に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、最も適切なものはどれか。

シンボル毎に基準位相を変化させない8PSK (Phase Shift Keying) は、信号点配置上で、 ア 度ずつ位相をずらした イ 点の信号点を用いて、1シンボル当たり ウ ビットのデータを伝送する変調方式である。

- | | ア | イ | ウ |
|---|-----|----|---|
| ① | 45 | 8 | 3 |
| ② | 90 | 4 | 2 |
| ③ | 90 | 2 | 4 |
| ④ | 180 | 2 | 1 |
| ⑤ | 45 | 16 | 4 |

Ⅲ－32 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing:直交周波数分割多重)

の特徴に関する記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① シングルキャリア変調方式の一つであり、マルチパス妨害に強い特徴がある。
- ② 多値変調の一種であり、同じタイムスロット内に多数の情報を送出する事が出来る。
- ③ 信号のスペクトルを拡散する方式であり、電力密度が極端に低くなるため、他の通信システムへの干渉を小さくできる。
- ④ マルチキャリア変調方式の一つであるが、技術的にマルチパス妨害に強くすることはできない特徴がある。
- ⑤ ガードインターバル期間を付加することが可能であるため、マルチパス妨害の影響が軽減される。

Ⅲ－33 半導体に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 真性半導体の電子と正孔の密度は等しく、温度を上げると電子と正孔の密度は低減する。
- ② n型半導体の少数キャリアは電子である。
- ③ シリコンに不純物であるリンやヒ素を導入すると、p型の不純物半導体となる。
- ④ p型半導体とn型半導体を接合したpn接合では、接合部分に空乏層ができる。
- ⑤ pn接合のn型半導体を接地し、p型半導体側に負の電圧をかけると、正の電圧をかけた場合よりも電流が流れる。

Ⅲ－34 半導体デバイス及び集積回路に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

MOS（Metal Oxide Semiconductor）トランジスタは制御型であるため、制御型のバイポーラトランジスタと比較して消費電力が。

電流が流れるnMOS（n-channel MOS）トランジスタと電流が流れるpMOS（p-channel MOS）トランジスタを組合せたCMOS（相補型MOS）インバータは、抵抗負荷型のMOSインバータなどと比較して待機時の消費電力がため、現在の集積回路に用いられている。

- | | ア | イ | ウ | エ | オ |
|---|----|----|----|----|----|
| ① | 電流 | 電圧 | 高い | 電子 | 正孔 |
| ② | 電圧 | 電流 | 低い | 電子 | 正孔 |
| ③ | 電流 | 電圧 | 低い | 電子 | 正孔 |
| ④ | 電圧 | 電流 | 高い | 正孔 | 電子 |
| ⑤ | 電流 | 電圧 | 高い | 正孔 | 電子 |

Ⅲ－35 高電圧用ケーブルに関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

高圧設備に使用されるケーブルには、OFケーブルとCVケーブルがある。OFケーブルはクラフト紙と絶縁油で絶縁を保つケーブルである。CVケーブルは、OFケーブルと異なり絶縁油を使用せずにアで絶縁を保つケーブルである。CVケーブルの特徴はOFケーブルよりも燃え難く、軽量で、イが少なく、保守や点検の省力化を図ることができる。CVケーブルは、アの内部に水分が侵入すると、異物やボイド、突起などの高電界との相乗効果によって、ウが発生して劣化が生じる。

	ア	イ	ウ
①	架橋ポリエチレン	誘電体損	トリー
②	ポリエチレン	銅損	軟化
③	クロロプレン	銅損	硬化
④	架橋ポリエチレン	鉄損	トリー
⑤	ポリエチレン	誘電体損	硬化

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は④

同心球導体において、導体1に電荷 Q が与えられると導体2の内表面に $-Q$ 、外表面に $+Q$ の電荷が誘導される。無限遠を基準として電位を積分すると、 $Q/(4\pi\epsilon_0)(1/a - 1/b + 1/c)$ となる。

●問題Ⅲ-2

正解は⑤

トンネル効果は微視的な粒子がポテンシャル障壁を透過する量子力学的現象であり、電流と磁界の効果ではない。したがって、選択肢⑤の説明は最も不適切となる。

●問題Ⅲ-3

正解は③

コンデンサの容量は $C_1 = \epsilon_1 C_0$ 、 $C_2 = \epsilon_2 C_0$ である。電荷保存則より $Q = C_1 V_1 = (C_1 + C_2) V_2$ が成り立つ。これを整理すると、比誘電率の比 ϵ_1 / ϵ_2 は $V_2 / (V_1 - V_2)$ となる。

●問題Ⅲ-4

正解は④

ビオ・サバールの法則より、円形電流が中心 O に作る磁束密度の大きさは $\mu I / (2R)$ となる。電流が反時計回りであるため、右ねじの法則より磁束密度の向きは $+z$ 方向となる。

●問題Ⅲ-5

正解は④

可動導線が速度 v で動くことで誘導起電力 vBd が発生する。回路のキルヒホッフの法則より、起電力の向きを考慮すると回路方程式は $V - vBd = Ri$ となり、電流は $V/R - vBd/R$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は③

並列部 10Ω と 2.5Ω の合成抵抗は 2Ω である。全体の直列合成抵抗は $1 + R + 2 = 3 + R$ となる。回路全体を流れる電流が $10 / (3 + R) = 2A$ であることから、 $R = 2\Omega$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は⑤

ミルマンの定理より、端子1-2間の開放電圧 E_0 は $(E_1/R_1 + E_2/R_2) / (1/R_1 + 1/R_2)$ となる。また、端子間を短絡したときの短絡電流 I_0 は各枝路の短絡電流の和より $E_1/R_1 + E_2/R_2$ となる。

●問題Ⅲ-8

正解は③

中央のデルタ結線された $2R$ の抵抗網にスター・デルタ変換を適用してスター接続に変換し、直列および並列回路の合成抵抗を順次計算すると、端子 ab 間の合成抵抗は $4R/3$ となる。

●問題Ⅲ-9

正解は③

RC回路の微分方程式 $RC \, dv/dt + v = E$ を解く。定常解 E と斉次解の和として一般解を求め、初期条件 $v(0) = v_0$ を代入して未定係数を決定すると、 $(v_0 - E)e^{-(t/RC)} + E$ となる。

●問題Ⅲ-10

正解は④

スイッチを接点 a に接続した定常状態の電流 E/R は接点 b に切り替えた直後も連続して流れる。その後RL閉回路で時定数 L/R をもって指数関数的に減衰するため、 $(E/R)e^{-(Rt/L)}$ となる。

●問題Ⅲ-11

正解は③

共振周波数の公式 $f=1/(2\pi\sqrt{LC})$ より、静電容量 C を計算すると約1pFとなる。また Q 値は $\omega L/R=(2\pi fL)/R$ により計算され、数値を代入すると157となる。

●問題Ⅲ-12

正解は①

並列共振回路の同調周波数は $f=1/(2\pi\sqrt{LC})$ で与えられる。上限周波数1605kHzと下限周波数535kHzから必要なキャパシタンス C の範囲を逆算すると、98.3pFから885pFとなる。

●問題Ⅲ-13

正解は⑤

交流ブリッジの平衡条件より、対角アームのインピーダンスの積を等置する。 $R_1(R_4+j\omega L_4)=R_2(R_3+j\omega L_3)$ より実部と虚部を比較して解くことで、 $R_4=120\Omega$ 、 $L_4=40mH$ となる。

●問題Ⅲ-14

正解は②

T-s線図において断熱膨張はエントロピー一定の垂直線D-Eで表される。ボイラ加熱量 h_1-h_3 に対するタービン仕事 h_1-h_2 の比より、サイクルの熱効率は $(3349-1953)/(3349-150)$ より約43.6%となる。

●問題Ⅲ-15

正解は③

発電機出力と負荷の有効電力および遅れ無効電力を求め、差分から電力系統への送電電力を算出する。送電有効電力717.5kWと無効電力383.5kvarから計算すると、送電端力率は遅れ0.88となる。

●問題Ⅲ-16

正解は②

直流電動機は磁界を発生する界磁とトルクを受け持つ電機子で構成される。発電機は電磁誘導の運動起電力を利用し、電動機は磁束と電流による電磁力を利用して回転力を得る。

●問題Ⅲ-17

正解は②

リニア同期モーターの走行速度 v と極ピッチ τ 、周波数 f の間には $v=2\tau f$ の関係が成り立つ。時速500kmを秒速約138.9m/sに換算し、極ピッチ1.39mを代入すると、周波数は約50Hzとなる。

●問題Ⅲ-18

正解は①

SW1をオン・オフさせると電源から負荷へ降圧チョッパとして電力が供給される。SW2をオン・オフさせると負荷側から電源側へ昇圧チョッパとして電力が回生される。

●問題Ⅲ-19

正解は④

三相サイリスタブリッジの点Pの電位は、導通している正極側サイリスタの相電圧に等しい。制御遅れ角 60° では自然転流点から 60° 遅れて点弧するため、選択肢④の波形となる。

●問題Ⅲ-20

正解は⑤

閉ループ伝達関数は $K(s)G(s)/[1+K(s)G(s)]=4/(s+4)$ となる。これを標準的な一次遅れ系 $1/(1+Ts)$ の形に変形すると $1/(1+0.25s)$ となり、時定数は0.25、ゲインは1となる。

●問題Ⅲ-21

正解は④

パッシェンの法則より球ギャップの火花電圧には最小値が存在し、pd積を増減させるといずれも火花電圧は増加する。空気中の最小値は340Vであり、電子親和力の強い酸素中では空気より高くなる。

●問題Ⅲ-22

正解は③

理想オペアンプの差動電圧利得（開ループゲイン）は無限大である。差動電圧利得が1であるとする選択肢③の記述は誤りであり、最も不適切となる。

●問題Ⅲ-23

正解は④

入力電圧 v_{gs} はゲート電位であり、ソース抵抗 R_s に流れる電流 $g_m v_i$ による電圧降下と v_i の和が v_{gs} となる。 $v_{gs}=v_i+g_m v_i R_s$ より、電圧比 v_i/v_{gs} は $1/(1+g_m R_s)$ となる。

●問題Ⅲ-24

正解は③

ブール代数の合意則（コンセンサス定理）より、第3項の $B \cdot C$ は第1項 AB と第2項 $A_{\text{bar}} C$ の冗長項となるため消去できる。したがって、最簡形は $A \cdot B + A_{\text{bar}} \cdot C$ となる。

●問題Ⅲ-25

正解は④

多層配線間の層間絶縁膜容量（配線間容量）が大きくなると寄生容量が増大し、RC遅延が大きくなって回路の動作速度が低下する。したがって、容量を大きくする手法は高速化として不適切となる。

●問題Ⅲ-26

正解は③

マルコフ情報源の状態方程式および全確率の和 $PA+PB+PC=1$ を連立させて解く。状態Aへの流入出の釣り合いなどを整理して解くことで、 $PA=9/27$ 、 $PB=11/27$ 、 $PC=7/27$ が得られる。

●問題Ⅲ-27

正解は⑤

全確率の和より $X+Y=0.3$ となる。確率の順序によらず、ハフマン符号を構成すると符号語長は S_4 が1ビット、 S_2 が2ビット、 S_1 と S_3 が3ビットとなる。平均符号長は $1 \times 0.4 + 2 \times 0.3 + 3 \times 0.3 = 1.9$ となる。

●問題Ⅲ-28

正解は③

方形波パルスのフーリエ変換は $F(\omega)=2\sin(\omega d)/\omega$ となる。これがゼロとなる周波数は $\sin(\omega d)=0$ を満たす $\omega d=\pm n\pi$ ($n=1, 2, \dots$)であるため、アは π/d 、イは $-2\pi/d$ となる。

●問題Ⅲ-29

正解は③

時間領域の畳み込み $f_1(t)*f_2(t)$ をフーリエ変換すると、周波数領域ではそれぞれのフーリエ変換の積 $F_1(\omega)F_2(\omega)$ となる。周波数領域での畳み込みになるとする記述は誤りとなる。

●問題Ⅲ-30

正解は②

CSMAは端末が送信すべきデータが発生した際、他端末が送信中でないかをキャリアセンスで確認し、通信路が空いていれば送信を行い、使用中であれば他端末の送信終了を待って送信を行う。

●問題Ⅲ-31

正解は①

8PSKは信号点配置において円周上を45度ずつ等間隔にずらした8個の信号点を用い、1シンボルあたり $\log_2(8)=3$ ビットのデータを伝送する変調方式である。

●問題Ⅲ-32

正解は⑤

OFDMではシンボル間にガードインターバル（GI）を挿入することで、マルチパスによる遅延波の干渉を吸収し、マルチパス妨害の影響を大幅に軽減できる特徴がある。

●問題Ⅲ-33

正解は④

p型半導体とn型半導体を接合すると、接合面近傍のキャリアが互いに拡散して再結合し、可動キャリアの存在しない空間電荷領域である空乏層が形成される。

●問題Ⅲ-34

正解は②

MOSトランジスタは電圧制御型で消費電力が低い。CMOSインバータは電子が流れるnMOSと正孔が流れるpMOSで相補的に構成され、待機時の貫通電流がほぼゼロで消費電力が低い。

●問題Ⅲ-35

正解は①

CVケーブルは架橋ポリエチレンを絶縁体とし、誘電体損が少なく保守性に優れる。絶縁体内部に水分が浸入して局所高電界が加わると、水トリーと呼ばれる樹枝状欠陥が発生して絶縁劣化が生じる。