

【04】電気電子部門

10時30分～12時30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 空間の電界及び磁界をそれぞれ E 、 B とすると、点電荷 q ($q > 0$) に働くローレンツ力 F はクーロン力を含む形として次式で表される。

$$F = qE + qv \times B$$

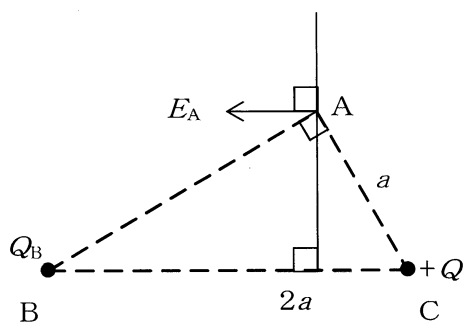
v は点電荷の速度である。ローレンツ力に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。なお、上式中の太字はベクトル量を表す。また、上式中に現れる“ $\times$ ”はベクトル同士の外積を表す。

- ① 空間の電界が0であり、磁界が0でないとき、ローレンツ力 F は電荷の移動方向から磁界ベクトルの方向へ右ねじを回したときに右ねじが進む方向に働く。
- ② 空間の磁界が0であり、電界が0でないとき、ローレンツ力 F は電界と同じ方向に働く。
- ③ 空間の電界及び磁界が0のとき、力は働かない。
- ④ 電流と磁界の間に働く力は表現できない。
- ⑤ 固定されていない点電荷にローレンツ力が働くと、電荷は運動を開始する。

Ⅲ－２ 電磁気に関する次の記述の、に入る数式の組合せとして、適切なものはどれか。

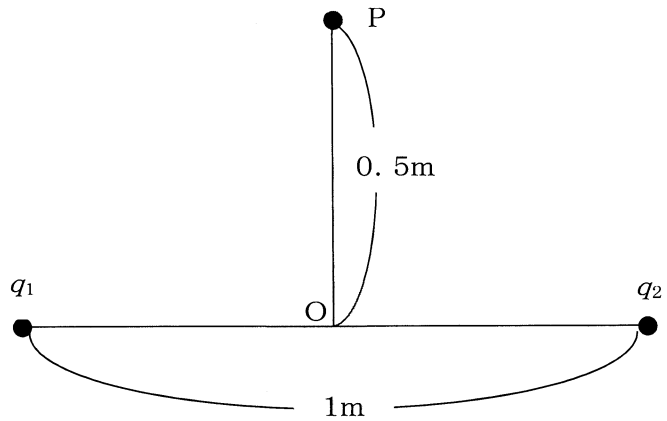
真空中で、下図に示すような、ACの長さが a [m]、BCの長さが $2a$ [m] で、 $AB \perp AC$ の三角形の頂点Cに $+Q$ [C] ($Q > 0$) の点電荷をおいた。さらに頂点Bにある電荷量 Q_B [C] の点電荷をおいたところ、点Aでの電界 E_A は図中に示す矢印の向き (BCと並行の向き) となった。このとき、 Q_B は [C]、 E_A の大きさは [V/m] となった。ただし、真空中の誘電率は ϵ_0 [F/m] とする。

- | | <u>ア</u> | <u>イ</u> |
|---|------------------------|---|
| ① | $-3\sqrt{3}Q$ | $\frac{\sqrt{3}Q}{6\pi\epsilon_0 a^2}$ |
| ② | $-\frac{\sqrt{3}}{3}Q$ | $\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2}$ |
| ③ | $-3\sqrt{3}Q$ | $\frac{(2\sqrt{3}+1)Q}{8\pi\epsilon_0 a^2}$ |
| ④ | $-3\sqrt{3}Q$ | $\frac{Q}{2\pi\epsilon_0 a^2}$ |
| ⑤ | $-\frac{\sqrt{3}}{3}Q$ | $\frac{\sqrt{3}Q}{6\pi\epsilon_0 a^2}$ |



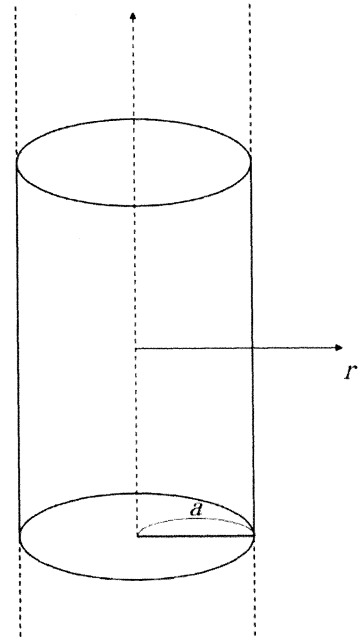
Ⅲ－３ 下図のように真空中に２個の点電荷 q_1 ($-4 \times 10^{-10}\text{C}$), q_2 ($2 \times 10^{-10}\text{C}$) が 1m 離れて置かれている。 q_1 , q_2 を結ぶ線上の midpoint O から垂直方向 0.5m の点を点 P とする。無限遠点を基準とした点 P の電位として、最も近い値はどれか。ただし、真空の誘電率 ϵ_0 は、 $8.854 \times 10^{-12}\text{F/m}$ とする。

- ① -2.54V
- ② -5.09V
- ③ 2.54V
- ④ 5.09V
- ⑤ 7.63V



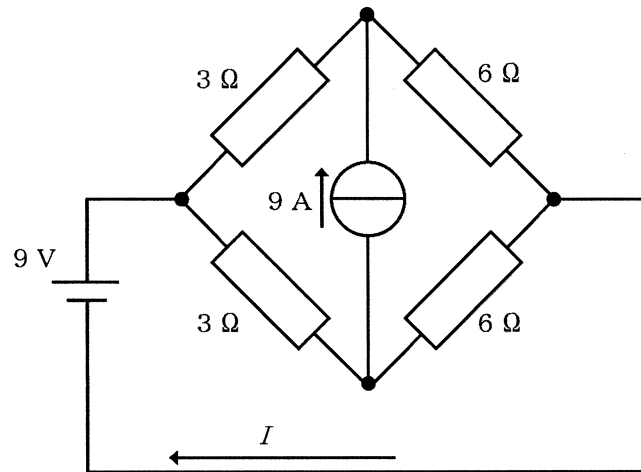
Ⅲ－４ 下図のように、真空中に置かれた半径 a [m] の無限に長い円筒表面に、単位長さ当たり λ [C/m] で一様に電荷が分布している。次のうち円筒内外に生じる電界 E [V/m] を表す式の組合せとして、適切なものはどれか。ただし、真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] とする。

円筒内	円筒外
① $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$	$E = \frac{\lambda r}{2\pi\epsilon_0 a^2}$
② $E = 0$	$E = \frac{\lambda r}{2\pi\epsilon_0 a^2}$
③ $E = 0$	$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$
④ $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a}$	$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$
⑤ $E = \frac{\lambda r}{2\pi\epsilon_0 a^2}$	$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$

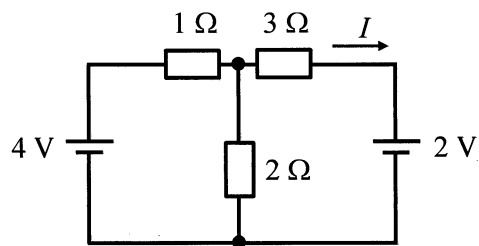


Ⅲ－５ 下図のような、9Vの理想直流電圧源、9Aの理想直流電流源及び抵抗を含む回路において、電流 I に最も近い値はどれか。

- ① 10A
- ② 8A
- ③ 6A
- ④ 4A
- ⑤ 2A



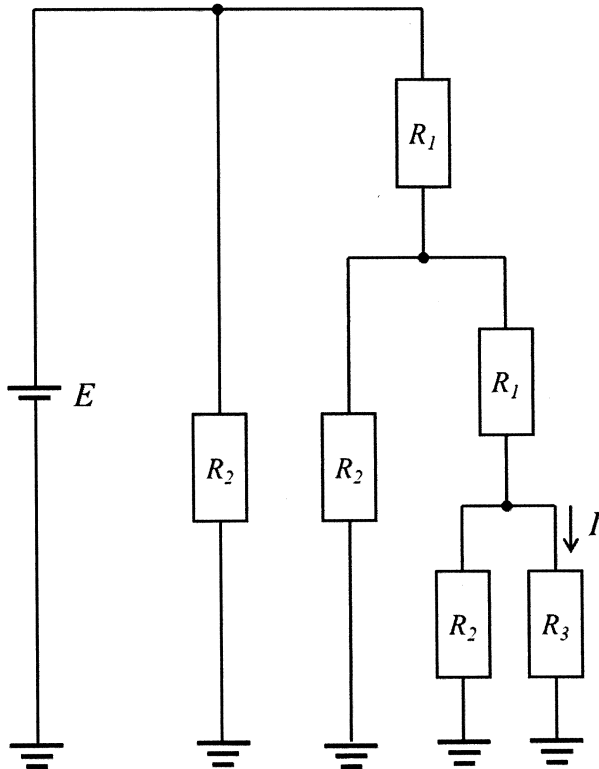
Ⅲ－６ 下図の抵抗と理想直流電圧源で構成される回路において、電流 I [A] の値として、適切なものはどれか。



- ① $\frac{2}{11}$ A
- ② $\frac{14}{11}$ A
- ③ $\frac{16}{11}$ A
- ④ $\frac{14}{19}$ A
- ⑤ $\frac{24}{19}$ A

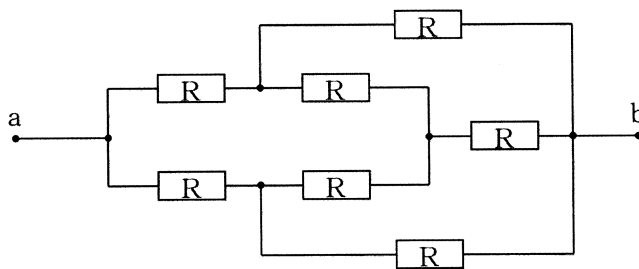
Ⅲ－７ 理想直流電圧源及び抵抗よりなる下図の回路において、抵抗 R_3 に流れる電流 I [A] の値として、最も近い値はどれか。

ただし、 $E=10\text{V}$ ， $R_1=5\ \Omega$ ， $R_2=R_3=10\ \Omega$ とする。



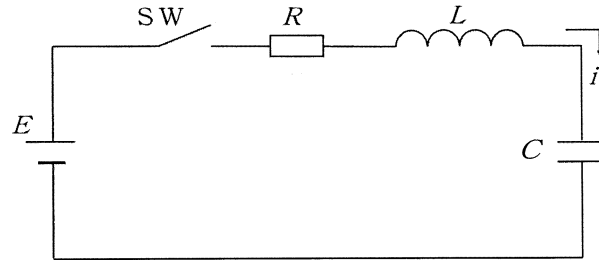
- ① 2A ② 1A ③ 0.5A ④ 0.25A ⑤ 0.125A

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



- ① $\frac{8}{9}R$ ② $\frac{8}{7}R$ ③ $\frac{7}{8}R$ ④ $\frac{7}{6}R$ ⑤ $\frac{6}{7}R$

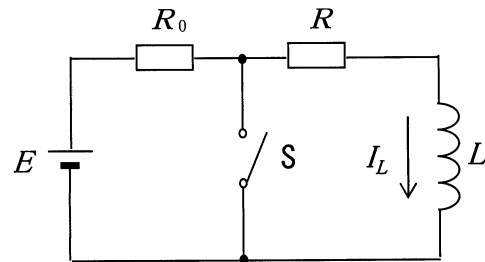
Ⅲ－９ 下図に示される，スイッチSW，理想直流電圧電源 E ，抵抗器 R ，コンデンサ C ，インダクタ L からなる回路で，時刻 $t = 0$ でスイッチを閉じる。このとき回路に流れる電流 i が振動しない条件として，適切なものはどれか。



- ① $R \leq \frac{C}{L}$ ② $4L \leq CR^2$ ③ $CR \leq 4L$ ④ $CL \leq R$ ⑤ $C \leq LR$

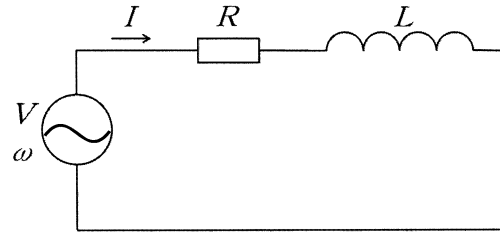
Ⅲ－１０ 下図において，スイッチ S は時刻 $t = 0$ より以前は開いており，それ以降は閉じているものとする。このとき，時刻 $t \geq 0$ における電流 I_L を表す式として，適切なものはどれか。

- ① $I_L = \frac{E}{R_0 + R} e^{-\frac{t}{RL}}$
 ② $I_L = \frac{E}{R_0 + R} e^{-\frac{R}{L}t}$
 ③ $I_L = \frac{E}{R_0 + R} e^{-\frac{L}{R}t}$
 ④ $I_L = \frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t}$
 ⑤ $I_L = \frac{E}{R} e^{-\frac{L}{R}t}$



Ⅲ－１１ 下図のような実効値 V ，角周波数 ω の正弦波電圧源と理想的な回路素子であるリアクトル L と抵抗 R からなる回路がある。このとき，回路に流れる電流の実効値 I と無効電力 Q の組合せとして，適切なものはどれか。ただし，遅れの無効電力を正とする。

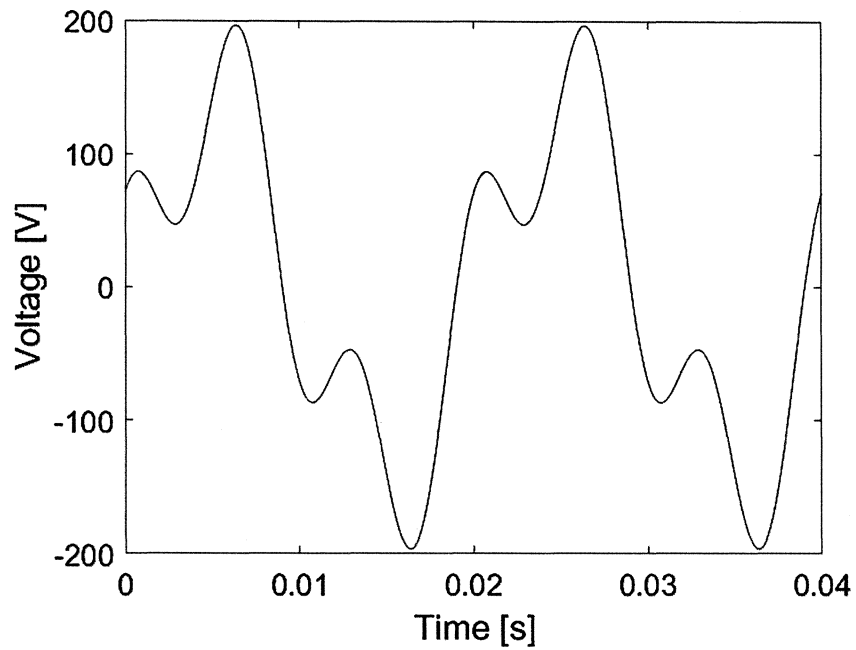
- | | $\frac{I}{V}$ | $\frac{Q}{RV^2}$ |
|---|---------------------------------------|---|
| ① | $\frac{V}{R^2 + (\omega L)^2}$ | $\frac{RV^2}{R^2 + (\omega L)^2}$ |
| ② | $\frac{V}{R^2 + (\omega L)^2}$ | $\frac{R\omega LV^2}{R^2 + (\omega L)^2}$ |
| ③ | $\frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$ | $\frac{RV^2}{R^2 + (\omega L)^2}$ |
| ④ | $\frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$ | $\frac{\omega LV^2}{R^2 + (\omega L)^2}$ |
| ⑤ | $\frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$ | $\frac{R\omega LV^2}{R^2 + (\omega L)^2}$ |



Ⅲ－12 下図のようなひずみ波交流電圧があり，時間を t とすると，その波形が次式で表されるとする。

$$V = 100\sqrt{2}\sin(100\pi t) + 50\sqrt{2}\cos(300\pi t)$$

このひずみ波交流電圧の実効値として，最も近い値はどれか。



- ① 102V ② 112V ③ 122V ④ 132V ⑤ 142V

Ⅲ－13 下図の回路において、 C_x と R_x はコンデンサのキャパシタンスと内部抵抗である。

検出器Dに電流が流れない条件で、 R_x と C_x を示す式の組合せとして、適切なものはどれか。

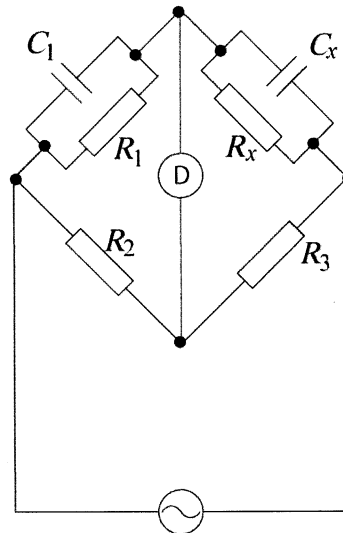
① $R_x = \frac{R_2}{R_3} R_1$, $C_x = \frac{R_3}{R_2} C_1$

② $R_x = \frac{R_2}{R_3} R_1$, $C_x = \frac{R_2}{R_3} C_1$

③ $R_x = \frac{R_3}{R_2} R_1$, $C_x = \frac{R_2}{R_3} C_1$

④ $R_x = \frac{R_3}{R_2} R_1$, $C_x = \frac{R_3}{R_2} C_1$

⑤ $R_x = \frac{R_2}{R_3} R_1$, $C_x = -\frac{R_2}{R_3} C_1$



Ⅲ－14 0.01kgのウラン235が核分裂するときに0.09%の質量欠損が生じてエネルギーが発生する。ある原子力発電所では、このエネルギーの30%を電力として取り出せるものとする。この電力を用いて全揚程（有効揚程）が300m、揚水時のポンプ水車と電動機の総合効率が84%の揚水発電所で揚水ができる水量 $[m^3]$ として、最も近い値はどれか。ただし、ウランの原子番号は92、真空中の光の速度は $3.0 \times 10^8 m/s$ 、水の密度は $10^3 kg/m^3$ 、重力加速度は $9.8 m/s^2$ とする。

① $6.9 \times 10^4 m^3$

② $8.3 \times 10^4 m^3$

③ $9.8 \times 10^4 m^3$

④ $2.3 \times 10^5 m^3$

⑤ $7.7 \times 10^5 m^3$

Ⅲ－15 再生可能エネルギー等の新しい発電に使用される装置に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 燃料電池は、負極に酸素、正極に燃料を供給すると通常の燃焼と同じ反応で発電する。小型でも発電効率が高く、大容量化によるコスト低減のメリットが少ない。
- ② 二次電池は、発電に使用するためには自己放電が少ないこと、充放電を繰り返したときの電圧や容量の低下が小さいことが要求される。
- ③ 太陽電池の出力電圧は負荷電流によって変化するため、最大電力を得るために直流側の電圧を制御している。
- ④ 風力発電には、誘導発電機と同期発電機が用いられる。前者は交流で系統に直接に連系する。後者は系統に連系して安定な運転を行うためには周波数変換器を介して連系する。
- ⑤ 地熱発電には、地下で発生する高温の天然蒸気を直接蒸気タービンへ供給する方式と、蒸気と熱水を汽水分離器により分離して蒸気のみを蒸気タービンへ供給する方式がある。

Ⅲ－16 変圧器の損失と効率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。

出力1000Wで運転している単相変圧器において、鉄損が50W、銅損が50W発生している。出力電圧は変えずに出力を900Wに下げた場合、銅損はア Wで、効率はイ %となる。出力電圧が20%低下した状態で出力は1000Wで運転したとすると鉄損はウ Wで、効率はエ %となる。ただし、変圧器の損失は鉄損と銅損のみとし、負荷の力率は一定とする。鉄損は電圧の2乗に比例、銅損は電流の2乗に比例するものとする。

	ア	イ	ウ	エ
①	50	89	39	90
②	41	89	50	88
③	50	91	39	88
④	39	91	32	88
⑤	41	91	32	90

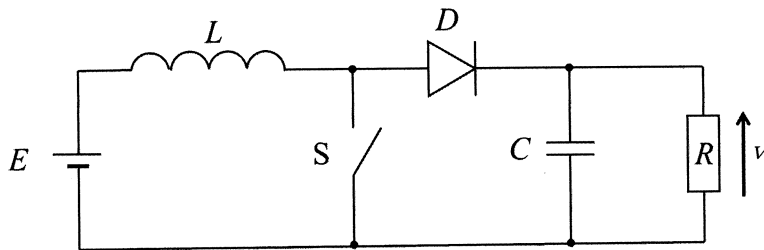
Ⅲ－17 回転機に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 誘導機及び同期機の同期回転速度は、周波数と磁極数のみで定まる。
- ② 巻線形誘導機の二次励磁制御では、誘導機の二次側にすべり周波数の電圧を加えて速度制御を行う。
- ③ 発電機と電動機は運転状態により区別されるもので、その構造に基本的な差はない。
- ④ 界磁巻線を有する同期機には、回転子の磁極形状により、突極機と非突極機がある。
発電機においては、前者が高速機に、後者が比較的低速機に使用される。
- ⑤ かご形誘導機のベクトル制御では、磁束を発生させる電流とトルクを発生させる電流を独立に制御できる。

Ⅲ－18 下図のような昇圧チョップ回路において、スイッチ S を周波数 100Hz で 4ms 間だけ導通するようにスイッチング動作させた場合の、負荷抵抗 R の両端にかかる平均電圧 v として、最も近い値はどれか。

なお、直流電源電圧 $E=48\text{V}$ 、リアクトルインダクタンス $L=100\text{mH}$ 、コンデンサキャパシタンス $C=40\mu\text{F}$ 、負荷抵抗 $R=100\text{k}\Omega$ とする。

E は理想直流電圧源、 S は理想スイッチ、 D は理想ダイオードを表し、線路抵抗や素子の内部抵抗は無視するものとする。



- ① 60V ② 80V ③ 100V ④ 120V ⑤ 140V

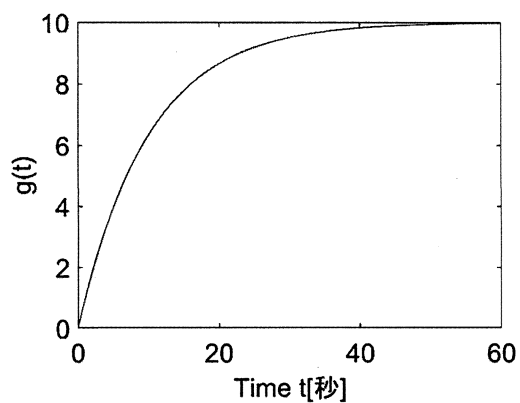
Ⅲ－19 PID (Proportional－Integral－Derivative) 制御系に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① 比例ゲインを大きくすると定常偏差は小さくなる。
- ② 比例ゲインを大きくすると系の応答は振動的になる。
- ③ 制御系にその微分値を加えて制御すると、速応性を高め、減衰性を改善できる。
- ④ 積分制御を行うと定常偏差は大きくなる。
- ⑤ PID補償をすることにより速応性を改善できる。

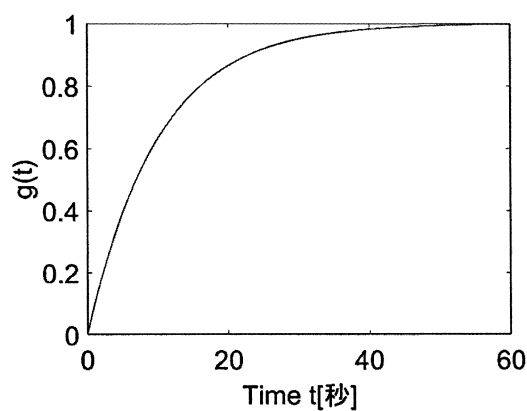
Ⅲ-20 一次遅れ系 $G(s) = \frac{10}{10s+1}$ の単位インパルス応答 $g(t)$ の概形として、適切なものは

どれか。ただし、 s はラプラス演算子である。

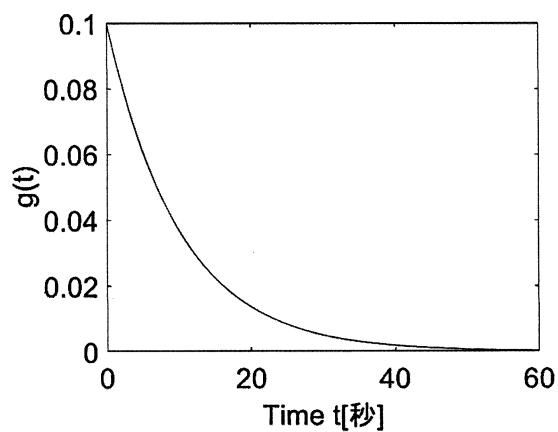
①



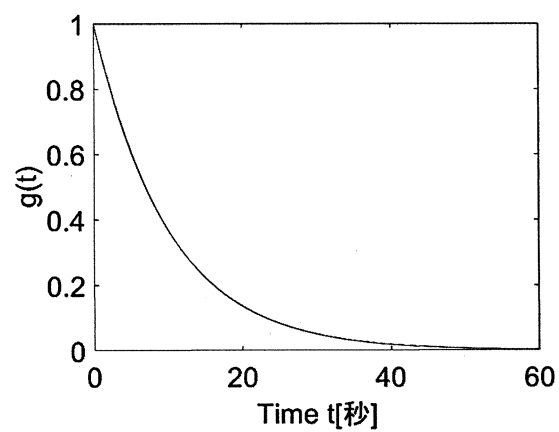
②



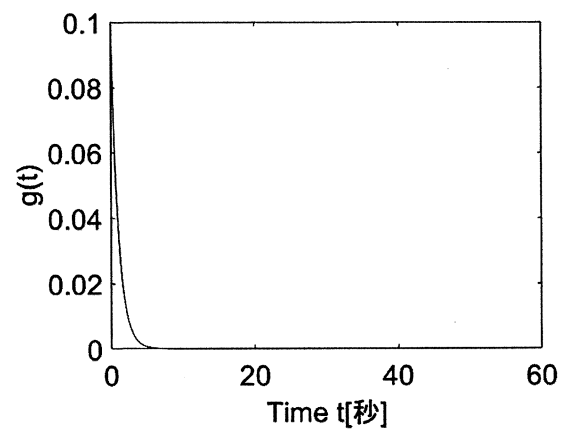
③



④



⑤



Ⅲ－21 下図に示す演算増幅器はオペアンプとも呼ばれ，波形操作などに用いられる汎用増幅器である。入力端子の電圧を $V_{in(+)}$ 及び $V_{in(-)}$ ，出力端子の電圧を V_{out} とする。入力インピーダンスが十分高く，出力インピーダンスが十分低い場合，演算増幅器の電圧利得として，適切なものはどれか。

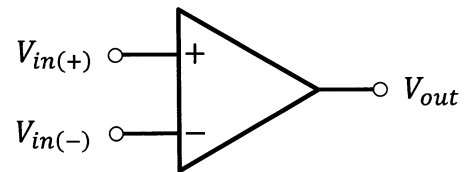
① $\frac{V_{out}}{V_{in(+)} - V_{in(-)}}$

② $\frac{V_{out}}{V_{in(+)} + V_{in(-)}}$

③ $\frac{2V_{out}}{V_{in(+)} - V_{in(-)}}$

④ $\frac{2V_{out}}{V_{in(+)} + V_{in(-)}}$

⑤ $\frac{V_{out}}{2(V_{in(+)} - V_{in(-)})}$



Ⅲ－22 下図に残留抵抗 R_s を考慮したMOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタの簡易化した等価回路を示す。端子ab間に電圧 v_{GS} を印加した場合、 $g_m v_i = g_{me} v_{GS}$ で定義される実効的な相互コンダクタンス g_{me} を表す式として、適切なものはどれか。

ただし、 g_m は相互コンダクタンスとし、回路における図記号 $\ominus$ 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。

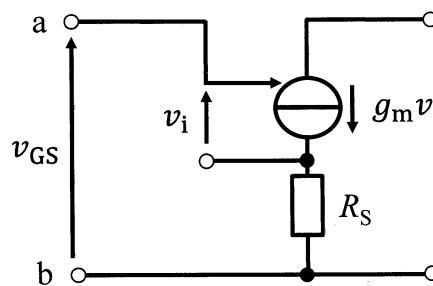
① $\frac{1}{1 + g_m R_s}$

② $\frac{1 + g_m}{1 + g_m R_s}$

③ $\frac{g_m}{1 + g_m R_s}$

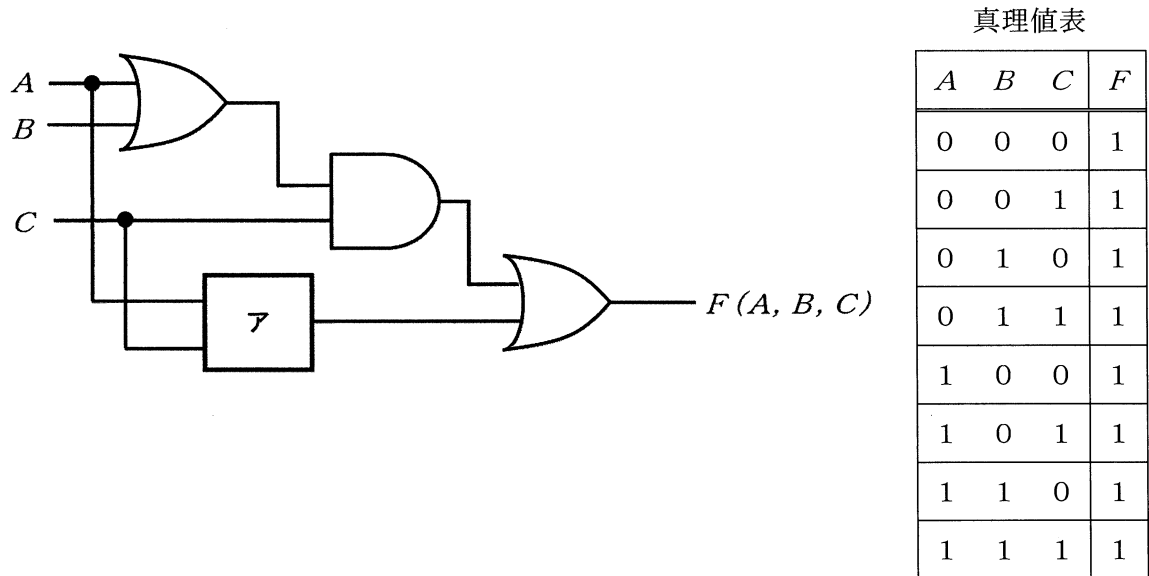
④ $\frac{g_m R_s}{1 + g_m R_s}$

⑤ $\frac{1 + R_s}{1 + g_m R_s}$



Ⅲ－23 下図の論理回路の入出力の関係が、下表の真理値表で与えられる。このとき、図における「ア」に入る論理回路の論理式として、適切なものはどれか。

ただし、論理変数 A 、 B に対して、 $A + B$ は論理和を表し、 $A \cdot B$ は論理積を表す。また、 $\overline{A}$ は A の否定を表す。



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

Ⅲ－24 4個のNANDを用いた下図の論理回路において、出力 f の論理式として、適切なものはどれか。なお、任意の X, Y について、ド・モルガンの定理

$$\overline{X \cdot Y} = \bar{X} + \bar{Y}$$

$$\overline{X + Y} = \bar{X} \cdot \bar{Y}$$

が成り立つことを利用してよい。

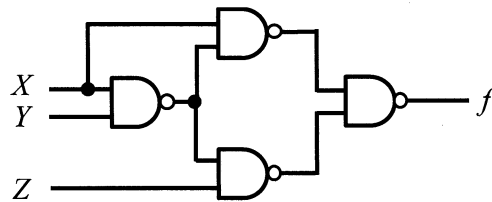
① $f = \bar{X} \cdot Y + \bar{Y} \cdot Z + Z \cdot \bar{X}$

② $f = X \cdot \bar{Y} + \bar{Y} \cdot Z + Z \cdot X$

③ $f = \bar{X} \cdot Y + Y \cdot Z + Z \cdot \bar{X}$

④ $f = X \cdot \bar{Y} + \bar{Y} \cdot Z + Z \cdot \bar{X}$

⑤ $f = X \cdot \bar{Y} + Y \cdot \bar{Z} + \bar{Z} \cdot X$



Ⅲ－25 インターネットに関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

① ARP (Address Resolution Protocol) は、MACアドレスからIPアドレスを知るためのプロトコルである。

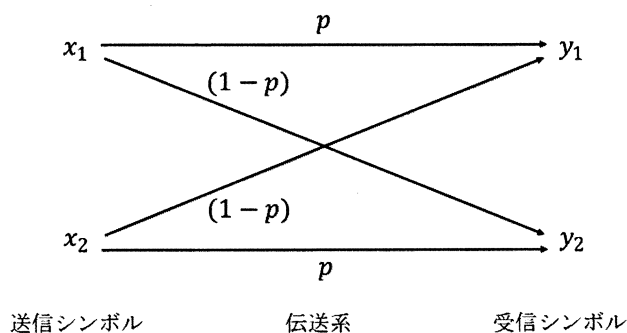
② NAT (Network Address Translation) は、プライベートIPアドレスとグローバルIPアドレス間の変換を行う機能である。

③ TCP (Transmission Control Protocol) は、フロー制御や再送制御などの機能を持つ。

④ DNS (Domain Name System) は、IPアドレスとFQDN (Fully Qualified Domain Name) との対応関係を検索し提供するシステムである。

⑤ DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) は、IPアドレスやネットマスクなど、ネットワークに接続するうえで必要な情報を提供可能なプロトコルである。

Ⅲ-26 下図のような2元対称通信路に関する説明文で、 に入る数式及び語句の組合せとして、適切なものはどれか。



ただし、送信シンボル x_1 , x_2 の発生確率をそれぞれ q , $(1-q)$ とし、 p , $(1-p)$ は条件付き確率で、

$$p = p(y_1 | x_1) = p(y_2 | x_2)$$

$$1-p = p(y_2 | x_1) = p(y_1 | x_2)$$

とする。また $\log$ はすべて2を底とする対数 $\log_2$ を表すものとする。

「送信シンボル x_1 の持つ情報量は ア で与えられ、 $-q\log q - (1-q)\log(1-q)$ は、送信情報源の イ を表す。一方、伝送される送信シンボルの発生確率を $q = 0.5$ とした場合、伝送される正味の情報量は ウ である。」

- | | ア | イ | ウ |
|---|------------|--------|--------------------------------|
| ① | $-\log q$ | エントロピー | $1 - p\log p$ |
| ② | $-q\log q$ | エントロピー | $1 + p\log p + (1-p)\log(1-p)$ |
| ③ | $-\log q$ | エントロピー | $1 + p\log p + (1-p)\log(1-p)$ |
| ④ | $-q\log q$ | 相互情報量 | $1 + p\log p + (1-p)\log(1-p)$ |
| ⑤ | $-q\log q$ | 相互情報量 | $1 - p\log p$ |

Ⅲ－２７ 長さ N の離散信号 $\{x(n)\}$ の離散フーリエ変換 (DFT : Discrete Fourier Transform) $X(k)$ は、次式のように表される。ただし、 j は虚数単位を表す。

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j \frac{2\pi nk}{N}}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

$\{x(n)\}$ が次式のように与えられた場合、離散フーリエ変換 $X(k)$ を計算した結果として、適切なものはどれか。

$$x(n) = \begin{cases} 1, & n = 0, 1, N-1 \\ 0, & 2 \leq n \leq N-2 \end{cases}$$

① $1 - 2\cos \frac{2\pi}{N} k$

② $1 + 2\cos \frac{2\pi}{N} k$

③ $2 - 2\cos \frac{2\pi}{N} k$

④ $1 + 2\sin \frac{2\pi}{N} k$

⑤ $2 - 2\sin \frac{2\pi}{N} k$

Ⅲ－28 時間に対して連続的に変化する2つの信号 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ があり、各信号に含まれる最高周波数成分がそれぞれ10kHz、50kHzであるとする。このとき、サンプリング周波数に関する次の記述の、に入る数値の組合せとして、適切なものはどれか。

出力信号が $x_1(t)$ と $x_2(t)$ の畳み込み積分で与えられるとき、この出力信号の情報を失うことなくデジタル信号処理を行うためには、サンプリング周波数をア kHzよりも大きく設定しておく必要がある。一方、出力信号が $x_1(t)$ と $x_2(t)$ の積で与えられるとき、この出力信号の情報を失うことなくデジタル信号処理を行うためには、サンプリング周波数をイ kHzよりも大きく設定しておく必要がある。

ただし、畳み込み積分は以下の式で与えられるものとする。

$$\{x_2 * x_1\}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x_2(T)x_1(t-T)dT$$

	ア	イ
①	100	120
②	100	100
③	20	100
④	20	120
⑤	20	20

Ⅲ－29 M値の直交振幅変調をM値QAM (Quadrature Amplitude Modulation) と呼ぶ。

16値QAMと256値QAMそれぞれの1シンボル当たりの伝送容量の比較と信号点間隔に関する次の記述の、に入る数値及び語句の組合せとして、適切なものはどれか。

256値QAMの伝送容量（1シンボル当たり）は、16値QAMと比較すると、ア倍となる。また、256値QAMの信号点間隔は、16値QAMと比較するとイ倍となる。同一送信電力のとき雑音余裕度は、ウの方が少ない。

	ア	イ	ウ
①	16	1／5	256値QAM
②	2	1／5	256値QAM
③	2	1／8	256値QAM
④	16	1／8	16値QAM
⑤	2	1／5	16値QAM

Ⅲ－30 多元接続方式に関する次の記述のうち、不適切なものはどれか。

- ① TDMA (Time-Division Multiple Access) では、共有する伝送路を一定の時間間隔で区切り、それぞれの通信局が割り当てられた順番で使用することで同時接続を実現する。
- ② CDMA (Code-Division Multiple Access) では、通信局ごとに異なる搬送波周波数を用いて同一の拡散符号でスペクトル拡散を行い同時接続する。
- ③ FDMA (Frequency-Division Multiple Access) は、TDMAと併用されることのある多元接続方式である。
- ④ OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) は、OFDMに基づくアクセス方式であり、通信局ごとに異なるサブキャリアを割り当てることで多元接続を実現する。
- ⑤ CSMA (Carrier-Sense Multiple Access) は、1つのチャネルを複数の通信局が監視し、他局が使用していないことを確認した後でそのチャネルを使う方法である。

Ⅲ－31 各々が0又は1の値を取る4個の情報ビット x_1, x_2, x_3, x_4 に対し,

$$c_1 = (x_1 + x_2 + x_3) \bmod 2$$

$$c_2 = (x_2 + x_3 + x_4) \bmod 2$$

$$c_3 = (x_1 + x_2 + x_4) \bmod 2$$

により, 検査ビット c_1, c_2, c_3 を作り, 符号語 $w = [x_1, x_2, x_3, x_4, c_1, c_2, c_3]$ を生成する
(7, 4) ハミング符号を考える。ある符号語 w を「高々1ビットが反転する可能性のある通信路」に対して入力し, 出力である受信語 $y = [0, 1, 0, 1, 0, 1, 0]$ が得られたとき, 入力された符号語 w として, 適切なものはどれか。

- ① $[0, 1, 0, 0, 1, 1, 1]$
- ② $[0, 1, 0, 1, 1, 0, 0]$
- ③ $[0, 0, 1, 0, 1, 1, 0]$
- ④ $[0, 1, 1, 1, 0, 1, 0]$
- ⑤ $[0, 1, 0, 1, 0, 1, 1]$

Ⅲ－32 半導体に関する次の記述のうち, 不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い。
- ② n型の不純物半導体の多数キャリアは電子である。
- ③ p型の不純物半導体の多数キャリアは電子である。
- ④ 室温の場合, ガリウムヒ素よりもシリコンの方が真性キャリア密度が大きい。
- ⑤ p型半導体とn型半導体を接合したpn接合では, 接合界面において異種の多数キャリアの密度勾配により拡散が生じる。

Ⅲ－33 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、適切なものはどれか。

MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタは ア 制御型であるため、
 イ 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低い。

ウ 電流が流れるnMOS (n-channel MOS) トランジスタと エ 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低いため、現在の集積回路に用いられている。また、シリコンの場合、 ウ 移動度が エ 移動度よりも高い。

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|----|----|----|----|
| ① | 電流 | 電圧 | 電子 | 正孔 |
| ② | 電圧 | 電流 | 正孔 | 電子 |
| ③ | 電界 | 磁界 | 電子 | 正孔 |
| ④ | 電圧 | 電流 | 電子 | 正孔 |
| ⑤ | 電流 | 電圧 | 正孔 | 電子 |

Ⅲ－34 電気設備の力率改善に関する次の記述の、に入る語句及び数値の組合せとして、適切なものはどれか。

電動機などの誘導性負荷が接続された回路において、遅れアを、並列接続したコンデンサの進みイにより補償し、ウを低減することを力率改善という。

力率をエに近づけることにより、回路電流が減少し、電力損失や電圧降下を低減できる。

	ア	イ	ウ	エ
①	有効電力	有効電力	皮相電力	1
②	有効電力	有効電力	皮相電力	0
③	無効電力	有効電力	消費電力	1
④	無効電力	無効電力	皮相電力	1
⑤	無効電力	無効電力	皮相電力	0

Ⅲ－35 変電所等で用いられる避雷器に関する次の記述の、に入る語句の組合せとして、適切なものはどれか。

避雷器は、変電所に高電圧サージが侵入したとき、インピーダンスをアさせることによって電圧を低下させ、他の機器を保護する装置である。避雷器が動作し電流が流れる際には、避雷器の端子にイが発生する。このイが避雷器の保護能力を示す重要な値である。避雷器に用いられる素子としては、ウが理想的な電圧電流特性に近く、広く使われている。

	ア	イ	ウ
①	低下	逆電圧	酸化亜鉛
②	上昇	制限電圧	架橋ポリエチレン
③	上昇	制限電圧	酸化亜鉛
④	上昇	逆電圧	架橋ポリエチレン
⑤	低下	制限電圧	酸化亜鉛

【正解と解説】

●問題Ⅲ-1

正解は④

電流は移動する電荷の集合であり、微小電荷に働くローレンツ力を積分することで電流と磁界の間に働く電磁力（アンペール力）を導出できるため、表現できないとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-2

正解は④

点Aにおける電界のBC垂直成分がゼロとなる条件から点電荷の比を求める。これにより $Q_B = -3\sqrt{3} Q$ と定まり、点Aにおける合成電界の大きさを計算すると $Q/(2\pi\epsilon_0 a^2)$ となる。

●問題Ⅲ-3

正解は①

点Pから両電荷までの距離は三平方の定理よりともに $1/\sqrt{2}m$ となる。電位の重ね合わせの式 $V = (q_1 + q_2)/(4\pi\epsilon_0 r)$ に数値を代入して計算すると、電位は約 $-2.54V$ となる。

●問題Ⅲ-4

正解は③

ガウスの法則より、円筒内部には電荷が存在しないため電界は0となる。円筒外部では中心軸に単位長さあたり λ の線電荷が存在する場合と等価になり、電界は $\lambda/(2\pi\epsilon_0 r)$ となる。

●問題Ⅲ-5

正解は⑤

重ね合わせの理を用いる。電流源による電流は回路の上下対称性により電圧源側で相殺されてゼロとなる。電圧源のみによる電流は合成抵抗 4.5Ω より $9V/4.5\Omega = 2A$ となる。

●問題Ⅲ-6

正解は①

中央の接続点の電位を節点方程式より求めると $28/11V$ となる。 3Ω の抵抗にかかる電圧は $(28/11) - 2 = 6/11V$ となり、電流 I は電圧降下を抵抗値で割ることで $2/11A$ となる。

●問題Ⅲ-7

正解は④

回路の右端から順に並列・直列の合成抵抗を計算すると各段で 10Ω となり、各節点で電流が半分ずつ分流する。電源からの全電流 $1A$ が2回分流するため、 R_3 に流れる電流は $0.25A$ となる。

●問題Ⅲ-8

正解は③

回路の対称性に着目して等電位となる節点を特定し、直列および並列回路の合成抵抗を順次計算して整理する。回路全体を端子ab間から見た合成抵抗を求めると $(7/8)R$ となる。

●問題Ⅲ-9

正解は②

直列RLC回路の回路方程式に対する特性方程式は $LS^2 + RS + 1/C = 0$ である。回路に流れる電流が振動的にならない条件は判別式が非負となることであり、整理すると $4L \leq CR^2$ となる。

●問題Ⅲ-10

正解は②

スイッチを閉じる直前にインダクタを流れる電流は $E/(R_0 + R)$ である。スイッチ投入後は L と R の閉回路となり、時定数 L/R で指数関数的に減衰するため選択肢②の式となる。

●問題Ⅲ-11

正解は④

回路のインピーダンスの大きさ $\sqrt{R^2+(\omega L)^2}$ より電流実効値 I が定まる。遅れ無効電力 Q は電流の2乗に誘導性リアクタンス ωL を乗じた値となり、選択肢④の式となる。

●問題Ⅲ-12

正解は②

各高調波成分の実効値はそれぞれ100Vおよび50Vである。ひずみ波交流の実効値は各次数の高調波実効値の2乗和の平方根となるため、 $\sqrt{100^2+50^2}$ より約112Vとなる。

●問題Ⅲ-13

正解は③

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。実部と虚部をそれぞれ比較して解くことで、 $R_x=(R_3/R_2)R_1$ および $C_x=(R_2/R_3)C_1$ が導出される。

●問題Ⅲ-14

正解は①

アインシュタインの質量エネルギー関係式より核分裂エネルギーを求め、発電電力量を計算する。この電力に揚水総合効率を乗じて位置エネルギーと等置すると、水量は約 $6.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ となる。

●問題Ⅲ-15

正解は①

燃料電池は負極（燃料極）に水素などの燃料を供給し、正極（空気極）に酸素を供給して電気化学反応を起こす。電極の組み合わせが逆になっているため、選択肢①の記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-16

正解は⑤

出力を下げると銅損は電流の2乗に比例して約41Wとなり効率は91%となる。電圧20%低下時は鉄損が32W、電流増加に伴い銅損が約78Wとなり、効率は90%となる。

●問題Ⅲ-17

正解は④

同期発電機の回転子において、突極機は水車発電機などの低速機に用いられ、非突極機（円筒機）はタービン発電機などの高速機に用いられる。前後の記述が逆であるため不適切となる。

●問題Ⅲ-18

正解は②

昇圧チョップパの出力電圧は電源電圧を $(1-d)$ で割った値となる。周期10msに対するオン時間4msよりデューティ比 d は0.4となり、出力電圧は $48/(1-0.4)=80\text{V}$ となる。

●問題Ⅲ-19

正解は④

積分制御（I制御）は定常偏差の蓄積に応じて操作量を増加させるため、定常偏差をゼロに除去する効果を持つ。したがって、定常偏差が大きくなるとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-20

正解は④

伝達関数 $G(s)=1/(s+0.1)$ の逆ラプラス変換より、インパルス応答は $g(t)=e^{(-0.1t)}$ となる。初期値が1であり、時定数10秒で指数関数的に減衰する波形はグラフ④となる。

●問題Ⅲ-21

正解は①

演算増幅器（オペアンプ）の差動電圧利得は、非反転入力端子と反転入力端子の電位差（差動入力電圧）に対する出力電圧の比として定義されるため、選択肢①の式となる。

●問題Ⅲ-22

正解は③

入力端子間電圧 v_{GS} は内部電圧 v_i とソース抵抗 R_s による電圧降下 $g_m v_i R_s$ の和となる。これより $v_i = v_{GS} / (1 + g_m R_s)$ となり、実効コンダクタンスは $g_m / (1 + g_m R_s)$ となる。

●問題Ⅲ-23

正解は⑤

前段回路の出力は論理式を展開すると $A_{\text{bar}} \cdot C_{\text{bar}}$ となる。真理値表より全体の出力 F を常に1とするには、アの回路で $A_{\text{bar}} \cdot C_{\text{bar}}$ の否定である $A+C$ を生成する必要がある。

●問題Ⅲ-24

正解は④

各段のNANDゲートの論理式を順に展開しド・モルガンの定理を適用する。中間出力を整理して最終段の論理積の否定をとることで、選択肢④の論理式が導出される。

●問題Ⅲ-25

正解は①

ARPIはIPアドレスから対応するMACアドレスを取得するためのプロトコルである。MACアドレスからIPアドレスを知るためのものとする記述は逆であり不適切となる。

●問題Ⅲ-26

正解は③

事象の自己情報量は $-\log q$ で与えられ、その期待値は情報源のエントロピーを表す。 $q=0.5$ のときの2元対称通信路における相互情報量は選択肢③の式で表される。

●問題Ⅲ-27

正解は②

離散フーリエ変換の定義式に非ゼロ成分の値を代入すると、 $1 + e^{-j2\pi k/N} + e^{j2\pi k/N}$ となる。オイラーの公式を用いて整理すると、 $1 + 2\cos(2\pi k/N)$ が得られる。

●問題Ⅲ-28

正解は④

畳み込み積分の最高周波数は10kHzであり標本化定理より20kHzが必要となる。信号同士の積の最高周波数は和の60kHzとなるため、120kHzが必要となる。

●問題Ⅲ-29

正解は②

1シンボルあたりの伝送ビット数は16値QAMが4ビット、256値QAMが8ビットより2倍となる。同一電力下では信号点間隔が約1/5に狭まり、雑音余裕度は256値QAMが少なくなる。

●問題Ⅲ-30

正解は②

CDMA（符号分割多元接続）では、同一の搬送波周波数を用いながら通信局ごとに異なる直交拡散符号を割り当てる。異なる周波数で同一符号を用いるとする記述は不適切となる。

●問題Ⅲ-31

正解は④

受信語からパリティ検査行列を用いてシンδροームを計算すると $[0, 1, 1]$ となる。これは第3ビットx3の誤りに対応するため、x3を反転訂正した符号語は選択肢④となる。

●問題Ⅲ-32

正解は③

p型不純物半導体では、アクセプタから供給される正孔が多数キャリアとなり、電子は少数キャリアとなる。多数キャリアを電子とする記述は誤りであり不適切となる。

●問題Ⅲ-33

正解は④

MOSは電圧制御型でバイポーラは電流制御型である。nMOSには電子、pMOSには正孔が流れ、シリコン結晶中では電子移動度のほうが正孔移動度よりも高くなる。

●問題Ⅲ-34

正解は④

誘導性負荷の遅れ無効電力をコンデンサの進み無効電力で相殺し、皮相電力を低減することを力率改善という。力率を1に近づけることで線路損失や電圧降下が低減される。

●問題Ⅲ-35

正解は⑤

避雷器はサージ侵入時にインピーダンスを低下させて放電し、機器を保護する。放電時の端子電圧は制限電圧と呼ばれ、非線形抵抗素子として酸化亜鉛が広く用いられる。