問題 I

電磁気学

図１に示すように、x - y 座標系平面上の点 A $(d/2, 0)$に $+q$ の電荷、点 B $(-d/2, 0)$ に $-q$ の電荷が固定されている。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、この空間の誘電率を ε_0 とする。

問１．点 P $(r\cos\theta, r\sin\theta)$ における点 A の電荷が作る電位を、以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{r^2 - rd\cos\theta + \left(\frac{d}{2}\right)^2}}$　② 0　③ $\dfrac{q}{2\pi\varepsilon_0\sqrt{r^2 + rd\cos\theta + \left(\frac{d}{2}\right)^2}}$

④ $\dfrac{q}{2\pi\varepsilon_0}\sqrt{r^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}$　⑤ ∞　⑥ $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\sqrt{r^2 + 2rd\cos\theta + \left(\frac{d}{2}\right)^2}}$

問２．$d \ll r$ として点 P における電位を、以下の選択肢より選びなさい。ただし、$a \ll 1$ のとき、$\frac{1}{\sqrt{1+a}} \sim 1 - \frac{a}{2}$ を用いてよいとする。

① $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$　② $\dfrac{q}{2\pi\varepsilon_0 r}$　③ $\dfrac{qd}{2\pi\varepsilon_0 r^2}\cos\theta$　④ $\dfrac{qd}{2\pi\varepsilon_0 r^2}\sin\theta$

⑤ $\dfrac{qd}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cos\theta$　⑥ ∞

問３．点 Q $(R, 0)$ に点電荷 $+q'$を置いたときに、この点電荷が受ける力の大きさを、以下の選択肢より選びなさい。ただし、$d \ll R$ とする。

① 0　② $\dfrac{qq'd}{2\pi\varepsilon_0 R^3}$　③ $\dfrac{qq'd}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$　④ $\dfrac{qq'}{4\pi\varepsilon_0 rR^2}$

⑤ $\dfrac{qq'}{2\pi\varepsilon_0 rR^2}$　⑥ ∞

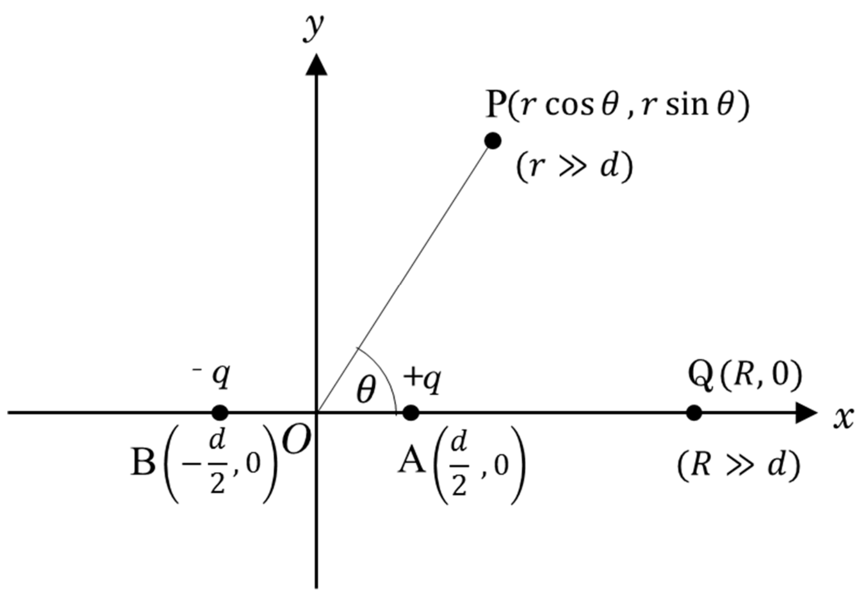


図 1

このページ以下白紙

問題 II

誘電率 ε_1, ε_2, ε_3 をもつ誘電体を、面積 S の平行平板に図 2 に示すように挿入し、コンデンサを作製した。ε_0 は真空部で 4 つのコンデンサ C_0, C_1, C_2, C_3 の直並列回路と考えるとき、次の問いに答えよ。

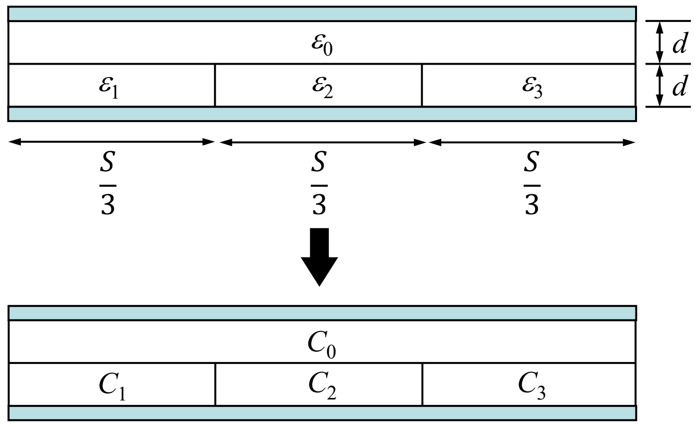


図 2　平行平板コンデンサ

問４．コンデンサ C_1, C_2, C_3 の合成静電容量 C_{123} を求めよ。

① $\dfrac{3(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)S}{d}$　② $\dfrac{(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)S}{3d}$　③ $\dfrac{\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 S}{d}$

④ $\dfrac{\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 S}{3d}$　⑤ $\dfrac{\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 S^3}{d}$　⑥ $\dfrac{\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 S^3}{27d}$

問５．C_{123} と C_0 の合成静電容量 C を求めよ。

① $\dfrac{(3\varepsilon_0+\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)S}{d}$　② $\dfrac{(3\varepsilon_0+\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)S}{3d}$　③ $\dfrac{3\varepsilon_0(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)S}{(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)d}$

④ $\dfrac{3\varepsilon_0(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)S}{\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 d}$　⑤ $\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 S}{(3\varepsilon_0+\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)d}$　⑥ $\dfrac{\varepsilon_0(\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)S}{(3\varepsilon_0+\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3)d}$

このページ以下白紙

問題Ⅲ

無限長の直線電流がつくる磁界を求める。図 3 のように点 O を原点とし、直線電流に沿ってz軸をとる。zにおける電流線素ベクトルを$I d\boldsymbol{z}$(大きさIdz)、電流要素ベクトルから点 P に向かうベクトルを$\boldsymbol{r}$（大きさr）、 $I d\boldsymbol{z}$と$\boldsymbol{r}$とのなす角をθとすれば、$|I d\boldsymbol{z} \times \boldsymbol{r}| = \boxed{\text{ア}} dz$である。したがって、$Idz$が点 P につくる磁界$dH$は、点 P から原点 O への距離を$R$とすると、$dH = |d\boldsymbol{H}| = \frac{|I d\boldsymbol{z} \times \boldsymbol{r}|}{4\pi r^3} = \boxed{\text{イ}} dz$である。ただし$r^2 = R^2 + z^2$、$r\sin(\pi - \theta) = r\sin\theta = R$を用いた。$dH$の方向は$z$に無関係で、紙面に垂直で紙面の$\boxed{\text{ウ}}$に向かう。したがって、図 3 のように有限長$\ell_1 + \ell_2$を考えると、ビオ・サバールの法則$\boldsymbol{H} = \int_C d\boldsymbol{H} = \int_C \frac{I d\boldsymbol{z} \times \boldsymbol{r}}{4\pi r^3}$より、$H = \int_{-\ell_1}^{\ell_2} dH = \int_{-\ell_1}^{\ell_2} \boxed{\text{イ}} dz = \boxed{\text{エ}}$となる。ここで$\ell_1$, $\ell_2 \to \infty$とすれば、無限長の直線電流のつくる磁界は、$H \fallingdotseq \boxed{\text{オ}}$となる。

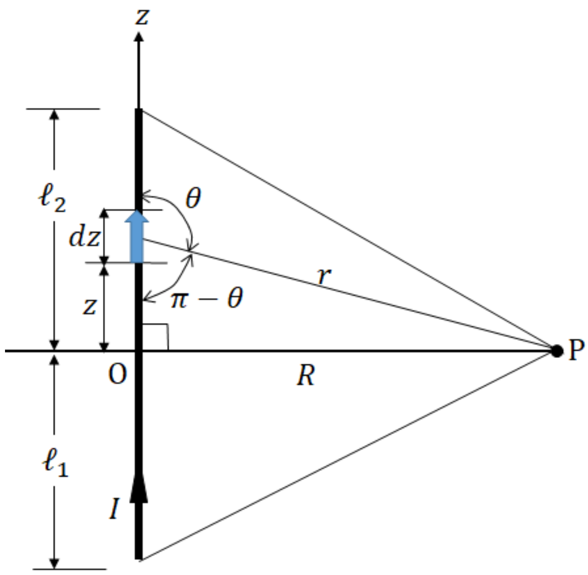


図 3　無限長の直線電流

問６．　空欄$\boxed{\text{ア}}$に入る式を以下の選択肢より選びなさい。

①	Ir	②	$Ir\sin\theta$	③	$Ir\cos\theta$
④	$Ir\tan\theta$	⑤	$Ir\cos(\pi - \theta)$	⑥	$Ir\sin\theta\cos\theta$

問７．　空欄 イ に入る式を以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{Iz}{4\pi R}$　② $\dfrac{I(R^2+z^2)}{4\pi R}$　③ $\dfrac{IR^2}{4\pi z}$

④ $\dfrac{IR}{4\pi(R^2+z^2)^{3/2}}$　⑤ $\dfrac{IR}{4\pi(R^2+z^2)}$　⑥ $\dfrac{I}{4\pi(R^2+z^2)^{3/2}}$

問８．　空欄 ウ に入る言葉を以下の選択肢より選びなさい。

①　表から裏　②　裏から表

問９．　空欄 エ に入る式を以下の選択肢より選びなさい。

① $\boldsymbol{\dfrac{I}{4\pi R}\left({\ell_1}^2+{\ell_2}^2\right)}$　② $\boldsymbol{\dfrac{IR^2}{4\pi}\ln\dfrac{\ell_2}{\ell_1}}$

③ $\dfrac{I}{4\pi R}\left\{\dfrac{\ell_1}{\left({\ell_1}^2+R^2\right)^{1/2}}+\dfrac{\ell_2}{\left({\ell_2}^2+R^2\right)^{1/2}}\right\}$　④ $\dfrac{I}{4\pi R}\left\{\dfrac{{\ell_1}^2}{\left({\ell_1}^2+R^2\right)^{1/2}}+\dfrac{{\ell_2}^2}{\left({\ell_2}^2+R^2\right)^{1/2}}\right\}$

⑤ $\dfrac{I}{4\pi R}\left\{\dfrac{\ell_1}{\left({\ell_1}^2+R^2\right)}+\dfrac{\ell_2}{\left({\ell_2}^2+R^2\right)}\right\}$　⑥ $\dfrac{I}{4\pi R}\dfrac{\left({\ell_1}^2+{\ell_2}^2\right)}{\ell_1\ell_2}$

問１０．　空欄 オ に入る式を以下の選択肢より選びなさい。

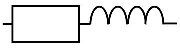
① $\dfrac{I}{2\pi R}$　② $\dfrac{I}{4\pi R}$　③ $\dfrac{R}{2\pi I}$　④ $\dfrac{R}{4\pi I}$

⑤ $\dfrac{I}{2\pi R^2}$　⑥ $\dfrac{I}{4\pi R^2}$

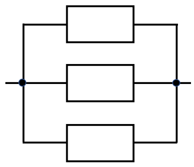
第 1 回　達成度確認テスト　電気回路

1.　$R = \omega L = \omega C = 2$ とする. 以下の合成インピーダンスの大きさを求め, 最も適切な番号を①から⓪の中から選べ. ただし同じ番号を何度選んでもよい. ((1), (5)は 1 点, 他 2 点)

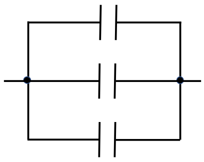
(1)



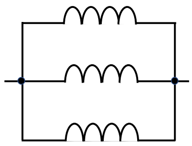
(2)



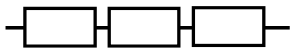
(3)



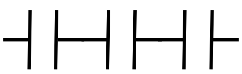
(4)



(5)

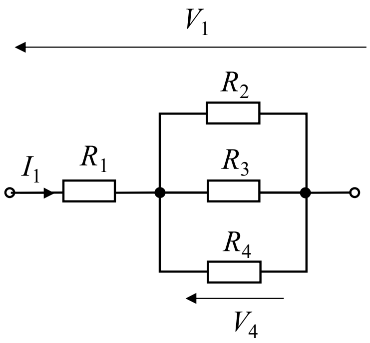


(6)



①　6　②　1/6　③　3/4　④　4/3　⑤　12
⑥　1/12　⑦　3/2　⑧　2/3　⑨　4　⓪　$2\sqrt{2}$

2.　図の回路に示すように抵抗 R_2 に 2 A の電流が流れている時, 以下の問いに答えよ. ただし, $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$, $R_3 = 5\ \Omega$, $R_4 = 20\ \Omega$ とする. ((1), (2)は 2 点, 他 3 点)



(1)　V_4 を求めよ.

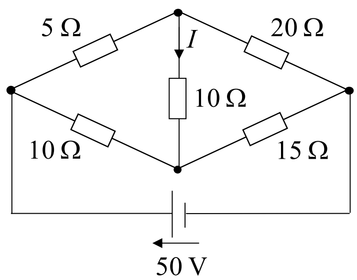
(2)　I_1 を求めよ.

(3)　V_1 を求めよ.

(1)～(3)の選択肢
① 0.2　② 1　③ 2　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 14　⑨ 20　⓪ 34

(4)　各抵抗での消費電力で最も大きい抵抗素子を選べ.
① R_1　② R_2　③ R_3　④ R_4　⑤ 全て等しい

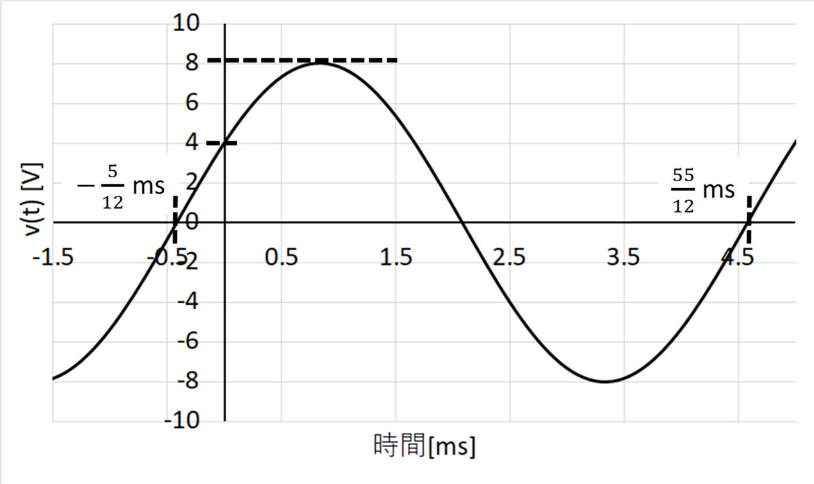
3.　図の回路の電流 I[A]として最も適切なものはどれか。(10 点)



① -5　② -2　③ -1　④ -0.5　⑤ 0
⑥ 0.5　⑦ 1　⑧ 2　⑨ 5

4.　下記のグラフを正弦波（$v(t) = A\sin(\omega t + \phi)$）の式で表したい．以下の要素を答えよ．要素(1)(2)は選択肢 A，要素(3)(4)は選択肢 B，要素(5)は選択肢 C から選べ．

（各 2 点）



(1)　振幅［V］

(2)　実効値［V］

(3)　周期［s］　※単位に注意

(4)　周波数［Hz］

(5)　初期位相（時刻 0 のときの位相）［rad］

選択肢 A

① $\frac{5}{12\sqrt{2}}$　② $\frac{5}{12}$　③ $2\sqrt{2}$　④ 4　⑤ $4\sqrt{2}$　⑥ 8　⑦ $8\sqrt{2}$

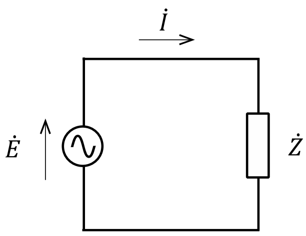
選択肢 B

① $\frac{25}{6}\times 10^{-3}$　② 0.005　③ 0.2　④ 0.5　⑤ $\frac{25}{6}$　⑥ 5　⑦ 2　⑧ 200　⑨ 240

選択肢 C

① $-\frac{\pi}{4}$　② $-\frac{\pi}{3}$　③ $-\frac{\pi}{6}$　④ 0　⑤ $\frac{\pi}{6}$　⑥ $\frac{\pi}{3}$　⑦ $\frac{\pi}{4}$　⑧ $\frac{5}{12}$　⑨ $\frac{1}{11}$

5.　以下の回路について，交流電源 $\dot{E} = 100$ [V]，負荷インピーダンス $\dot{Z} = \sqrt{2} + j\sqrt{2}$ [Ω] のとき，空所に最も適当な解答を選択肢から選べ．選択肢は必要であれば何度選んでもよい．但し，(a)～(e), (g), (h)は選択肢 A から，(f)は選択肢 B から選ぶこと．ここで，複素電力の定義は $\dot{P} = \bar{\dot{E}} \cdot \dot{I}$ とする．((a)～(f) 各 1 点，他 2 点)



複素電力は　[(a)] $+j$ [(b)]　[VA]

有効電力は　[(c)]　[W]

無効電力は　[(d)]　[var]

皮相電力は　[(e)]　[VA]

力率は　[(f)]　である．

接続されている負荷はそのままで，交流電源が $\dot{E} = 100\angle\frac{\pi}{4}$ [V] になったとき，

複素電力は　[(g)] $+j$ [(h)]　[VA]　である．

選択肢 A：

① 2500　② -2500　③ $2500\sqrt{2}$　④ $-2500\sqrt{2}$

⑤ 5000　⑥ -5000　⑦ $5000\sqrt{2}$　⑧ $-5000\sqrt{2}$

⑨ 0

選択肢 B：

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

⑥ $-\sqrt{2}$　⑦ $\frac{\sqrt{3}}{2}$　⑧ $-\frac{\sqrt{3}}{2}$　⑨ 1　⓪ 0

電子回路

1　図 1 の回路に小信号 v_{in} を入力し、その出力が v_{out} であるとき、次の問いに答えよ。ただし、トランジスタの h パラメータを h_{ie}、h_{fe} ($\gg 1$)、h_{oe} ($1/h_{oe} = \infty$) とする。

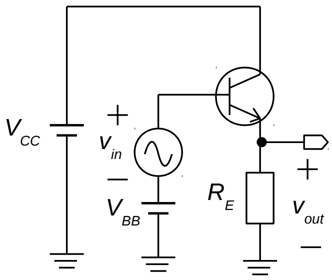


図 1 増幅回路

(1) 図 1 の名称（～接地増幅回路）を以下から答えよ。
①ベース　②エミッタ　③コレクタ　④フォロア

(2) 回路の入力ンピーダンスを以下から答えよ。
① h_{ie}　② R_E　③ $h_{ie} + R_E$　④ $h_{ie} + h_{fe}R_E$

(3) 回路の電圧増幅度 v_{out}/v_{in} を以下から答えよ。ただし、$h_{fe}R_E \gg h_{ie}$ とする。
① 1　② $h_{fe}R_E/h_{ie}$　③ R_E/h_{ie}　④ h_{ie}/R_E

2　演算増幅器を用いた回路（図 2）に小信号 v_{in} を入力し、そのときの出力が v_{out} であるとする。次の問いに答えよ。ここで、演算増幅器の電圧増幅度と入力インピーダンスは ∞ とする。

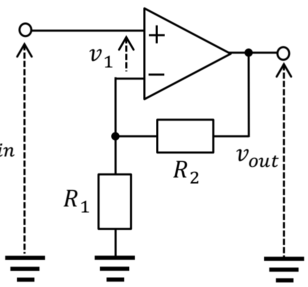


図 2 演算増幅器を用いた回路

(1) 増幅器の電圧利得が非常に大きいとき、その入力電圧 v_1 は 0 になる。この現象の名称を以下から答えよ。
①反転増幅　②非反転増幅　③仮想開放　④仮想短絡

(2) 回路全体の電圧増幅度 v_{out}/v_{in} を以下から答えよ。
① 1　② $1 + R_1/R_2$　③ $1 + R_2/R_1$　④ $1 + R_1R_2$

(3) この回路の入力インピーダンスを以下から答えよ。
① ∞ ② R_1 ③ R_2 ④ $R_1 + R_2$

(4) この回路の名称（～回路）を以下から答えよ。
①反転増幅　②非反転増幅　③加算　④減算

3　エッジトリガ形 D フリップフロップ（DFF）は、クロック信号 CLK（周期 T_s）の立ち上がり時における入力 D が出力 Q となる。図 3 のように 2 つの DFF を 2 つの NOT ゲート（1 つあたりの遅延は $T_s/8$）を介して接続したとき、以下の問いに答えよ。ただし、Q_1 と Q_2 の初期値は 0（LOW）とする。

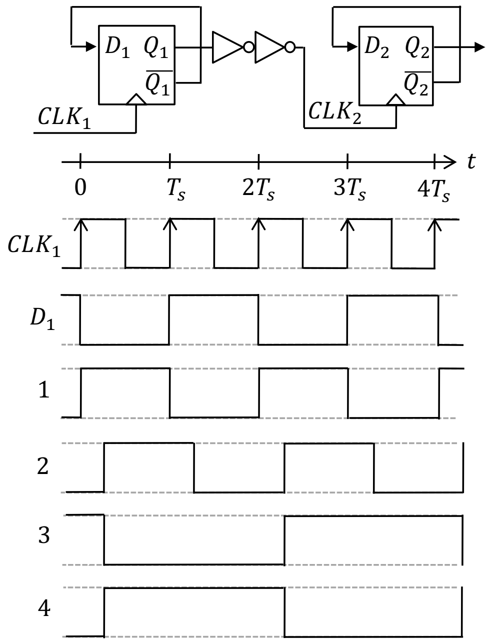


図 3 DFF を用いた回路とタイミングチャート

(1) 出力端子 Q_1 の波形を図 3 の 1 ～ 4 から答えよ。

(2) 出力端子 Q_2 の波形を図 3 の 1 ～ 4 から答えよ。

4　図 4 の帰還増幅回路について次の問いに答えよ。ただし、増幅回路単体の電圧増幅度を A_v、入力インピーダンスを ∞、出力インピーダンスを Z_O とし、さらに βA_v は 1 よりも非常に大きいとする。

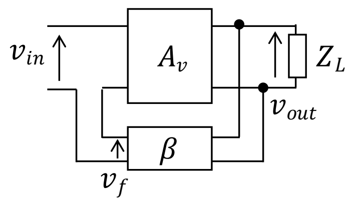


図 4 並列帰還－直列注入（電圧－電圧帰還）

(1) 電圧 v_f が v_{in} と同位相のとき、何帰還と呼ばれるのか。
① 正　② 負　③ 極　④ 零

(2) β は何率と呼ばれるのか、以下から答えよ。
① ループゲイン　② 帰還　③ 緩衝　④ 発振

(3) A_v が 1,000 で回路全体の電圧増幅度 v_{out}/v_{in} を 2 にしたいとき、必要な β を以下から答えよ。
① 500　② 2　③ 0.5　④ 0.25

(4) 回路全体の出力（Z_L から見た入力）インピーダンスを以下から答えよ。
① Z_O　② β　③ $\beta A_v Z_O$　④ $Z_O/(\beta A_v)$

電気数学

1. 空欄に適する語句等を ①〜④ より選び、マークせよ。

(a) $\dfrac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x}$ は $\displaystyle\lim_{\Delta x \to 0} \frac{(\quad ア \quad)}{\Delta x}$ を表す。

① $f(x+\Delta x)+f(x)$ ② $f(x-\Delta x)+f(x)$ ③ $f(x+\Delta x)-f(x)$ ④ $f(x-\Delta x)-f(x)$

(b) x^3 を x で微分すると（ イ ）である。

① x^2 ② $2x^2$ ③ $3x^2$ ④ $4x^2$

(c) $\dfrac{1}{x}$ を x で微分すると（ ウ ）である。

① 1 ② -1 ③ $\dfrac{1}{x^2}$ ④ $-\dfrac{1}{x^2}$

(d) $A\sin\omega t$ を t で微分すると（ エ ）である。

① $A\cos\omega t$ ② $A\omega\cos\omega t$ ③ $\dfrac{A}{\omega}\cos\omega t$ ④ $\dfrac{A}{\omega}\cos\omega t+C$

(e) $\dfrac{f}{g}$ を微分すると（ オ ）である。

① $\dfrac{fg'-f'g}{f^2}$ ② $\dfrac{f'g-fg'}{f^2}$ ③ $\dfrac{fg'-f'g}{g^2}$ ④ $\dfrac{f'g-fg'}{g^2}$

2. 空欄に適する語句等を ①〜④ より選び、マークせよ。

(a) 実効値は rms に等しい。この rms という用語は実効値の算出方法を示唆しており、（ カ ）の略である。

① reverse mean source ② root mean square ③ rapid mean solution ④ random mean speed

(b) $v(t)=V_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ の rms は（ キ ）である。

① $\frac{1}{T}\left(\int_0^T V_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)dt\right)^2$ ② $\frac{1}{T}\left(\int_0^T \sqrt{V_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)}dt\right)^2$

③ $\left(\frac{1}{T}\int_0^T \sqrt{V_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)}dt\right)^2$ ④ $\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T \left(V_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\right)^2dt}$

(c) （ キ ）の計算結果は（ ク ）である。

① $\frac{1}{\sqrt{2}}V_m$ ② $\sqrt{2}V_m$ ③ $\frac{1}{\sqrt{2\pi}}V_m$ ④ $\frac{1}{2}V_m$

(d) $v(t)$ の平均値は $\frac{1}{T}\int_0^T \left|V_m\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\right|dt=$（ ケ ）である。

① $\frac{1}{T}\frac{2}{\pi}V_m$ ② $\frac{1}{T}\frac{\pi}{2}V_m$ ③ $\frac{\pi}{2}V_m$ ④ $\frac{2}{\pi}V_m$

(e) 以下の文章の中で、誤っているのは（ コ ）である。

① 電流と電圧のそれぞれの平均値を掛け合わせたものは、瞬時電力を表す。

② 電流と電圧のそれぞれの実効値を掛け合わせたものは、皮相電力を表す。

③ 平均値も実効値も被積分関数の最大振幅を超えない。

④ 周期は平均値や実効値に影響を与えない。

3. 空欄に適する語句等を ①〜④ より選び、マークせよ。

(a) $\{2\angle\frac{\pi}{6}\}\{3\angle(-\frac{\pi}{2})\}=$（ サ ）

① $3\angle\frac{4\pi}{3}$ ② $6\angle(-\frac{\pi}{3})$ ③ $5\angle(-\frac{\pi}{3})$ ④ $6\angle(-\frac{\pi}{12})$

(b) $2\angle\frac{\pi}{6}$ の直交座標表示は（ シ ）

① $2+j\frac{1}{2}$ ② $\sqrt{3}+j$ ③ $\sqrt{3}-j$ ④ $2+j\frac{\sqrt{3}}{2}$

(c) $(1+j\sqrt{3})^4=$（ ス ）

① $16\angle\frac{4\pi}{3}$ ② $8\angle\frac{\pi}{2}$ ③ $3\angle\frac{\pi}{3}$ ④ $25\angle\frac{\pi}{6}$

(d) 50Hz の交流電圧 $e=4\sqrt{2}\sin(\omega t+\frac{\pi}{6})$[V] をフェーザで表すと（ セ ）である。

① $4\sqrt{2}\angle\frac{\pi}{6}$ ② $4\sqrt{2}\angle\omega$ ③ $4\angle\frac{\pi}{6}$ ④ $4\angle\omega$

(e) 50Hz の交流電圧 $e=4\sqrt{2}\sin(\omega t+\frac{\pi}{6})$[V] を 30$\mu$F のキャパシタに加えたとき、キャパシタのインピーダンス Z_C は（ ソ ）である。

① $\frac{j10^3}{3\pi}$ ② $\frac{-j10^3}{3\pi}$ ③ $\frac{j10^3}{1.5\pi}$ ④ $\frac{-j10^3}{1.5\pi}$

4. 以下の微分方程式を満たす関数 x を①〜④より選び、マークせよ。

(a) $\frac{dx}{dt}+x=0,\ \ x=($　タ　$)$
① e^t ② e^{-t} ③ $\cos t$ ④ $-\cos t$

(b) $\frac{dx}{dt}+x=1,\ \ x=($　チ　$)$
① 1 ② 2 ③ -1 ④ -2

(c) $\frac{d^2x}{dt^2}+x=0,\ \ x=($　ツ　$)$
① e^t ② e^{-t} ③ te^t ④ $\cos t$

(d) $\frac{d^2x}{dt^2}-3\frac{dx}{dt}+2x=0,\ x=($　テ　$)$
① e^t ② e^{-t} ③ $\cos t$ ④ $-\cos t$

(e) $\frac{d^2x}{dt}-2\frac{dx}{dt}+x=0,\ x=($　ト　$)$
① $t\sin t$ ② $t\cos t$ ③ te^t ④ $t\log t$

5. 空欄に適する語句等を ①〜④ より選び、マークせよ。

(a) $\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{vmatrix}$ の値は（　ナ　）である。
① $4+6$ ② $4-6$ ③ $-4+6$ ④ $-4-6$

(b) A、B、C が $n\times n$ の正方行列のとき、一般に（　ニ　）は成り立たない。
① $A+B=B+A$ ② $AB=BA$ ③ $(AB)C=A(BC)$ ④ $A(B+C)=AB+AC$

(c) $\displaystyle\int \boldsymbol{A}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}$ は $\boldsymbol{A}$ の（　ヌ　）方向成分の積分である。
① 接線 ② 漸近線 ③ 包絡線 ④ 法線

(d) $D=\{(x,y)\mid 0\le x\le 1,\ 0\le y\le 1\}$ のとき、$\displaystyle\int_D 2x\,\mathrm{d}S$ は（　ネ　）である。
① 0 ② 1/2 ③ 2/3 ④ 1

(e) Gauss の法則によると、
$\displaystyle\int_S \boldsymbol{D}\cdot \mathrm{d}S=\int_V ($　ノ　$)\,\mathrm{d}V$ が成り立つ。
① $\nabla\boldsymbol{D}$ ② $\mathrm{div}\,\boldsymbol{D}$ ③ $\mathrm{grad}\,\boldsymbol{D}$ ④ $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{D}$