問題Ⅰ

１．　真空中で図のような半径 a の無限長円柱導体内を電流 I が中心軸方向に一様に（一定の電流密度で）流れているとき、中心軸から距離 r の点の磁界 H の大きさを求める。

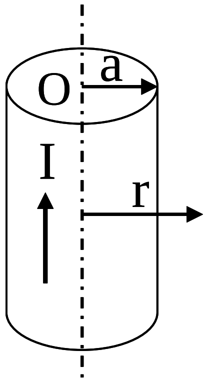


図 無限長円柱導体

問１．円柱形導体外の磁界 H の大きさを、以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{Ia}{4\pi\mu_0 r^2}$　② $\dfrac{I}{2\pi\mu_0(r-a)}$　③ $\dfrac{Ir}{2\pi a^2}$　④ $\dfrac{Ia}{4\pi r^2}$

⑤ $\dfrac{I}{2\pi r}$　⑥ $\dfrac{Ir}{4\pi(r-a)^2}$

問２．円柱形導体内の磁界 H の大きさを、以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{Ir}{4\pi(r-a)^2}$　② $\dfrac{I}{2\pi r}$　③ $\dfrac{Ia}{4\pi r^2}$　④ $\dfrac{Ir}{2\pi a^2}$

⑤ $\dfrac{I}{2\pi\mu_0(r-a)}$　⑥ $\dfrac{Ia}{4\pi\mu_0 r^2}$

２．　真空中で孤立している半径 a の導体球に電荷 Q を与えたとき、中心から距離 r の点の電界 E の大きさを求める。

問３．導体球外の電界 E の大きさを、以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{Qa}{4\pi r^3}$　② $\dfrac{Qa}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$　③ $\dfrac{Q(r-a)}{2\pi\varepsilon_0 r^2}$　④ $\dfrac{Qr}{4\pi\varepsilon_0 a^3}$

⑤ $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$　⑥ $\dfrac{Q}{2\pi\varepsilon_0 r}$

問４．導体球内の電界 E の大きさを、以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{Q}{2\pi\varepsilon_0 r}$　② $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$　③ $\dfrac{Qr}{4\pi\varepsilon_0 a^3}$　④ $\dfrac{Q(r-a)}{2\pi\varepsilon_0 r^2}$

⑤ $\dfrac{Qa}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$　⑥ $\dfrac{aQ}{4\pi r^3}$　⑦ 0

問題Ⅱ

図に示すような平行板コンデンサを考える。平行板電極の面積を S、極板間距離を d とし、各電極板には、それぞれ$+Q$ と $-Q$ の電荷が帯電しているとする。また、(a) における誘電率を ε_0、(b) の誘電体の比誘電率を ε_r とする。以下の問に答えよ。

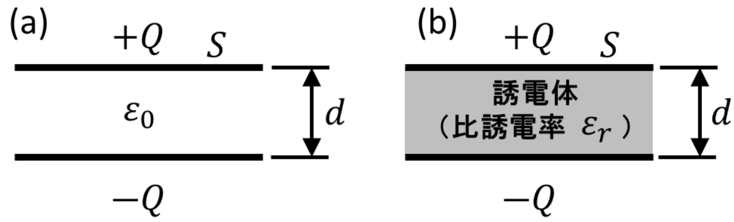


図 平行板コンデンサ

問５．(a)のコンデンサにおける極板間に働く力 F の大きさを、以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{Q^2 d}{4\pi\varepsilon_0 S}$　② $\dfrac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}$　③ $\dfrac{\varepsilon_0 SQ^2}{2d}$　④ $\dfrac{\varepsilon_0 SQ^2}{d}$

⑤ $\varepsilon_0 Q^2 d$　⑥ $\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0}$

問６．(a)のコンデンサに誘電体を挿入して、図(b) の状態にした。このとき、(b) のコンデンサの静電容量を、以下の選択肢より選びなさい。

① $\varepsilon_r \dfrac{d}{S}$　② $\varepsilon_r\varepsilon_0 \dfrac{d}{S}$　③ $\dfrac{1}{\varepsilon_r\varepsilon_0}\dfrac{S}{d}$　④ $\dfrac{\varepsilon_r}{\varepsilon_0}\dfrac{S}{d}$

⑤ $\dfrac{\varepsilon_0}{\varepsilon_r}\dfrac{S}{d}$　⑥ $\varepsilon_r\varepsilon_0 \dfrac{S}{d}$

問７．誘電体を挿入した後、コンデンサに蓄えられている電気エネルギー U を、以下の選択肢より選びなさい。

① $\dfrac{Q^2 d}{2\varepsilon_r\varepsilon_0 S}$　② $\dfrac{\varepsilon_r Q^2 d}{2\varepsilon_0 S}$　③ $\dfrac{1}{2\varepsilon_r\varepsilon_0}\dfrac{SQ^2}{d}$　④ $\dfrac{\varepsilon_0 SQ^2}{2\varepsilon_r d}$

⑤ $\dfrac{Q^2 d}{4\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 S}$　⑥ $\dfrac{Q^2 d}{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 S}$

問題Ⅲ

問８．磁化 M、磁界の強さ H、真空中の透磁率をμ_0としたとき、磁性体中の磁束密度 B はどのような式で表すことができるか。以下の選択肢より選びなさい。

① $B = \mu_0 + H + M$　② $B = \mu_0 + HM$　③ $B = \mu_0 H + M$

④ $B = H + \mu_0 M$　⑤ $B = \mu_0(H + M)$　⑥ $B = \mu_0 HM$

問９．図に示すようなトロイダルコイルがあり、鉄心の一部が切れている。鉄心部の磁界の強さ H_1 を、以下の選択肢より選びなさい。

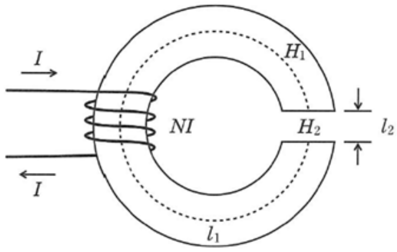


図 ギャップのあるトロイダルコイル

① $\dfrac{NI}{\dfrac{l_1}{\mu} + \dfrac{l_2}{\mu_0}}$　② $\dfrac{NI}{\dfrac{\mu_0}{\mu} + \dfrac{l_2}{l_1}}$　③ $\dfrac{NI}{\mu\left(\dfrac{l_1}{\mu} + \dfrac{l_2}{\mu_0}\right)}$　④ $\dfrac{NI}{\mu_0\left(\dfrac{l_1}{\mu} + \dfrac{l_2}{\mu_0}\right)}$

⑤ $\dfrac{\mu NIS}{\mu_0\left(\dfrac{l_1}{\mu} + \dfrac{l_2}{\mu_0}\right)}$　⑥ $\dfrac{NIS}{\mu_0\left(\dfrac{l_1}{\mu} + \dfrac{l_2}{\mu_0}\right)}$

問１０．ある回路を貫く磁束 ϕ、磁束密度 B、時間 t とするとき、ファラデーの電磁誘導の法則において誘導電流を引き起こす誘導起電力 V はどのように表すことができるか、以下の選択肢より選びなさい。

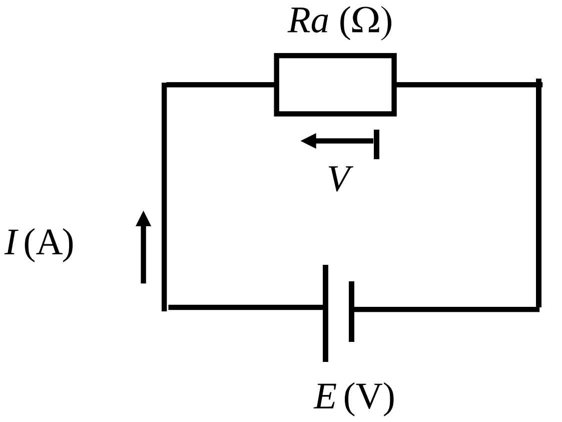
① $V = B\,\phi$　② $V = \dfrac{d\,\phi}{dt}$　③ $V = B\dfrac{d\,\phi}{dt}$　④ $V = -B\,\phi$

⑤ $V = -\dfrac{d\,\phi}{dt}$　⑥ $V = -B\dfrac{d\,\phi}{dt}$

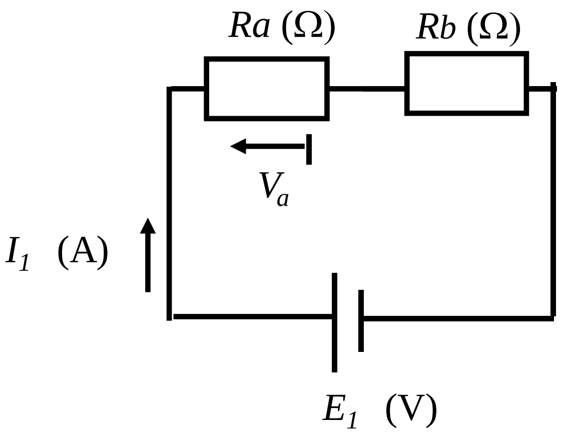
第１回　達成度確認テスト　電気回路

jは虚数単位、$\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$ とする。

1.　以下の回路の I、I_1、V_a、E_2、I_a および R_a の電力 P_a 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。（各３点）

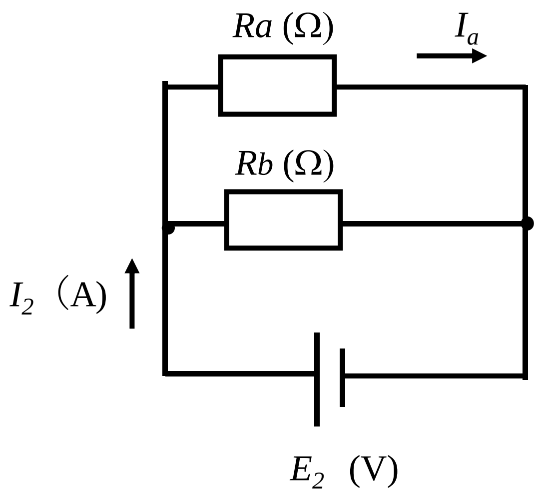


I ＝ (1) $\times V$ (A)



I_1 ＝ (2) $\times E_1$ (A)　V_a ＝ (3) $\times E_1$ (V)

P_a ＝ (4) $\times (I_1)^2$ (W)



E_2＝ (5) $\times I_2$ (V)　I_a＝ (6) $\times I_2$ (A)

P_a ＝ (7) $\times (E_2)^2$ (W)

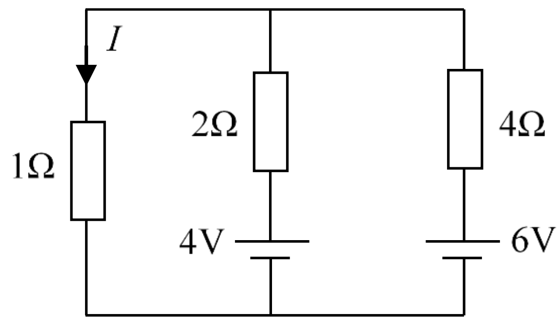
①　Ra+Rb　②　1/(Ra+Rb)　③　RaRb/(Ra＋Rb)

④　(Ra＋Rb) /RaRb　⑤　Ra/(Ra＋Rb)

⑥　Rb/(Ra＋Rb)　⑦　(Ra＋Rb) /Ra

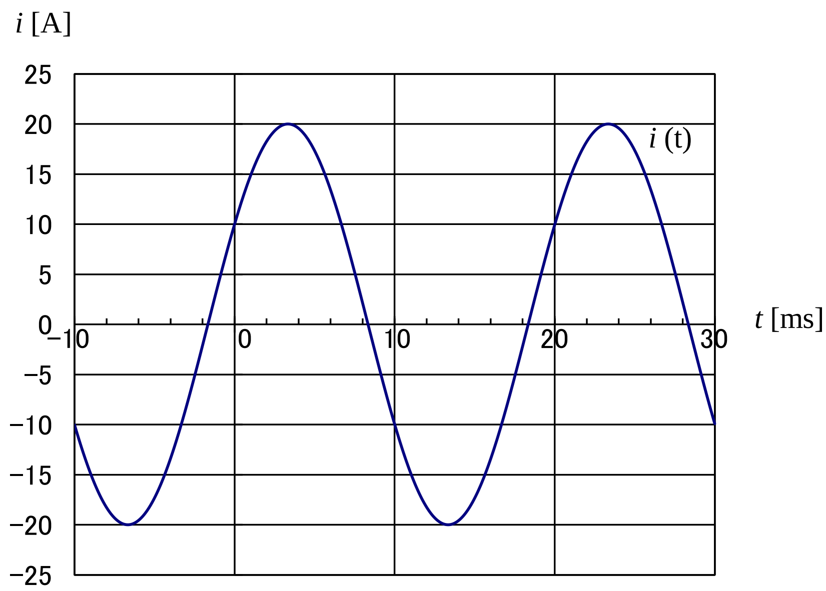
⑧　(Ra＋Rb) /Rb　⑨　Ra　⓪　1/Ra

2.　図の回路の電流 I[A]として最も適切なものはどれか。(９点)



①　−1.5　②　1　③　1.5　④　2　⑤　3

3.　図に示す正弦波交流電流 i(t) について以下の問いに答えよ。（各２点）



(1) 最大値[A]として最も適切なものはどれか。

① 0　② 10　③ 14.1　④ 20　⑤ 28.2

(2) 実効値[A]として最も適切なものはどれか。

① 0　② 10　③ 14.1　④ 20　⑤ 28.2

(3) 周期[s]として最も適切なものはどれか。

① 0.0181　② 0.02　③ 0.181　④ 0.2　⑤ 20

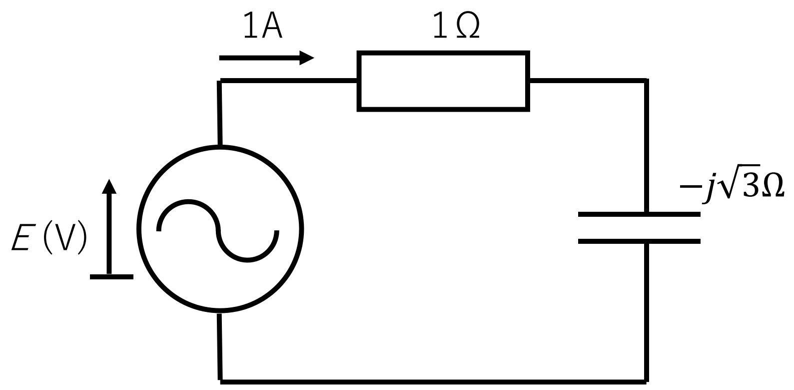
(4) 初期位相[rad]として最も適切なものはどれか。

① 0　② π / 6　③ π / 4　④ π / 3　⑤ π / 2

(5) i(t) と同じ角周波数である電流 $i_2(t)=\sin(\omega t)$が流れていたとする。i_2(t) に比べて i(t) の位相関係はどうなっているか。最も適切なものを選べ。

① i(t)は遅れている　② 位相差なし　③ i(t)は進んでいる

4. 次の交流回路について、電源電圧の大きさ、回路全体の有効電力、無効電力のうち最も近い値を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)のみ 4 点、他 3 点)



E = $\boxed{(1)}$ (V)

有効電力 P = $\boxed{(2)}$ (W)

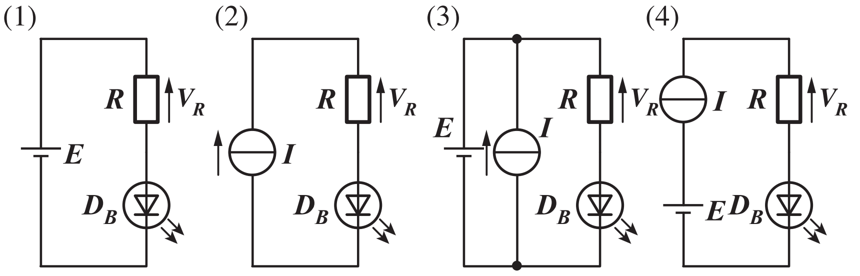
無効電力 Q = $\boxed{(3)}$ (var)

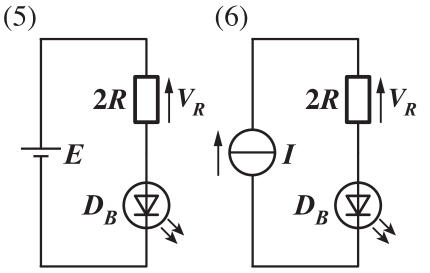
① −0.73 ② −1.4 ③ 0.73 ④ 1.4
⑤ 0 ⑥ 1 ⑦ 1.73 ⑧ 0.578 ⑨ 2 ⓪ 0.5

電子回路　第１回達成度確認テスト

2019. 10. 21

1. 図の赤色発光ダイオード (LED) を含む回路について，抵抗 R にかかる電圧を下の回答群から選びなさい。ただし，$E = 3.0$ V, $I = 10$ mA, $R = 100\ \Omega$ とする。赤色 LED は立ち上がり電圧が 2.0 V 一定と近似してよい。



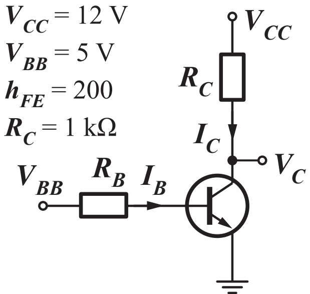


［回答群］

① 0 V　② 0.7 V　③ 1.0 V　④ 1.4 V　⑤ 1.5 V
⑥ 2.0 V　⑦ 2.3 V　⑧ 3.0 V　⑨ 4.0 V

2. 下図の回路に関して以下の設問に答えなさい。ただし，トランジスタの立ち上がり電圧は 0.7 V とする。

$V_{CC} = 12$ V
$V_{BB} = 5$ V
$h_{FE} = 200$
$R_C = 1$ kΩ



(1) $I_C = 5$ mA となるようにするには，I_B をいくらにすればよいか。

［回答群］

① 2.5 μA　② 25 μA　③ 0.25 mA
④ 25 mA　⑤ 100 mA　⑥ 1000 mA

(2) 抵抗 R_B の値を求めなさい。ただし，ベース電流 I_B の値は (1) で答えたものであるとする。

［回答群］

① 1.7 MΩ　② 170 kΩ　③ 17 kΩ　④ 2 MΩ　⑤ 200 kΩ
⑥ 20 kΩ　⑦ 5 Ω　⑧ 50 Ω

(3) このとき，コレクタの電位 V_C を求めなさい。

［回答群］

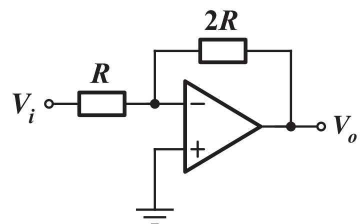
① 5.0 V　② 6.0 V　③ 7.0 V　④ ほぼ 0 V　⑤ ほぼ 12 V

(4) この回路で V_{BB} を変化させたとき，流れる I_C の最大値はいくらか。

［回答群］

① 5 mA　② 6 mA　③ 10 mA　④ 12 mA　⑤ 無限大

3. 演算増幅器 (オペアンプ) 回路に関して，(複数の) 回答群から適当なものをひとつだけ選び，下の文章の空欄を埋めなさい。ただし，$R = 1$ kΩ とし，演算増幅器の特性は理想的であるとする。また，電圧・電流の値には単位もつけること。



演算増幅器には（ (1) ）入力端子と（ (2) ）入力端子および出力端子がある。この回路は（ (3) ）増幅回路とよばる。この回路の動作について考える。(1)入力端子が接地されているので，(2)入力端子の電位は（ (4) ）となる。これを（ (5) ）という。今，入力電圧 $V_i = 1$ V とすると，抵抗には（ (6) ）の電流が流れる。理想的な演算増幅器の入力インピーダンスは（ (7) ）であるから，(2)端子に流れる電流は（ (8) ）であり，出力電圧 V_o は（ (9) ）である。

［回答群-1］

① 接地　② 絶縁　③ 反転　④ オフセット　⑤ 仮想ショート
⑥ 非反転　⑦ 0　⑧ 無限大

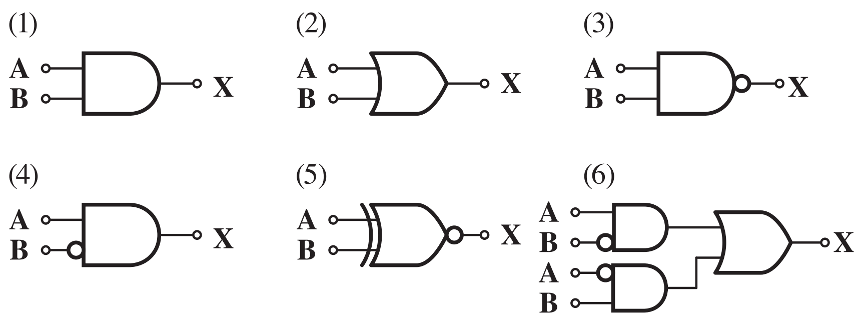
［回答群-2］

① 0 V　② 1 V　③ -1 V　④ 2 V　⑤ -2 V
⑥ 10 V　⑦ -10 V

［回答群-3］

① 0 A　② 1 mA　③ 2 mA　④ 4 mA　⑤ 10 mA

4. 次の論理回路の動作を表す真理値表を下の回答群から選びなさい。



［回答群］

A	B	① X	② X	③ X	④ X	⑤ X	⑥ X	⑦ X	⑧ X	⑨ X	⓪ X
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1

2019 年度第 1 回達成度確認テスト　電気数学

1. 空欄に適する数式を①〜④より選び、マークせよ。

(a) $\dfrac{dx^2t^3}{dt} =$ (　ア　)
① $2xt^3$ ② $3x^2t^2$ ③ $2xt^3+3x^2t^3$ ④ $xt^3/2$

(b) $\dfrac{d\cos at}{dt} =$ (　イ　)
① $\sin at$　② $-\sin at$　③ $a\sin at$　④ $-a\sin at$

(c) $\dfrac{d\log t}{dt} =$ (　ウ　)
① t　② $1/t$　③ $-t$　④ $-1/t$

(d) $\dfrac{de^{at}\sin t}{dt} =$ (　エ　)
① $e^{at}(a\sin t+\cos t)$　② $e^{at}(\sin t+a\cos t)$
③ $e^{at}(a\sin t-\cos t)$　④ $e^{at}(\sin t-a\cos t)$

(e) $\dfrac{d\tan t}{dt} =$ (　オ　)
① $1/\cos^2 t$　② $1/\sin^2 t$　③ $-1/\cos^2 t$
④ $-1/\sin^2 t$

2. 空欄に適する数式を①〜④より選び、マークせよ。

(a) $A\sin\omega t$ を t で積分すると (　カ　) である。
① $-A\cos\omega t$　② $A\omega\cos\omega t$　③ $-A\omega\cos\omega t$
④ $-\dfrac{A}{\omega}\cos\omega t$

(b) $u=x^2$ のとき $\int u\,\mathrm{d}u$ は (　キ　) である。
① $\int x^2\,\mathrm{d}x$　② $\int 2x^2\,\mathrm{d}x$　③ $\int x^3\,\mathrm{d}x$
④ $\int 2x^3\,\mathrm{d}x$

(c) $\int f'g\,\mathrm{d}x$ は (　ク　) である。
① $fg-\int fg'\,\mathrm{d}x$　② $fg-\int f'g\,\mathrm{d}x$
③ $fg'-\int fg\,\mathrm{d}x$　④ $f'g-\int fg\,\mathrm{d}x$

(d) 実効値とは (　ケ　) である。
① 平均　② 振幅　③ 二乗の平均の平方根
④ 平方根の平均の二乗

(e) キャパシタに蓄えられた電荷量は (　コ　) の積分で与えられる。
① 電圧　② 電流　③ 電力　④ 静電容量

3. 以下の微分方程式を満たす関数 $x(t)$ を①〜④より選び、マークせよ。

(a) $\dfrac{dx(t)}{dt}+2x(t)=0,\ \ x(t)=$(　サ　)
① $e^{-0.5t}$　② e^{-t}　③ e^{-2t}　④ $e^{0.5t}$

(b) $\dfrac{dx(t)}{dt}+2x(t)=1,\ \ x(t)=$(　シ　)
① t　② e^{-t}　③ 0.5　④ e^{-2t}

(c) $\dfrac{d^2x(t)}{dt^2}+x(t)=0,\ \ x(t)=$(　ス　)
① $\sin t$　② $\sin^2 t$　③ $\tan t$　④ $\sinh t$

(d) $\dfrac{dx(t)}{dt}=x(t)\{1-x(t)\},\ x(t)=$ (　セ　)
① $\dfrac{e^t}{1-e^t}$　② $\dfrac{e^t}{1+e^t}$　③ $\dfrac{-e^t}{1+e^t}$　④ $\dfrac{-e^t}{1-e^t}$

(e) $\dfrac{dx(t)}{dt}+\{x(t)\}^2=0,\ x(t)=$ (　ソ　)
① $\sin 2t$　② $\sin\sqrt{t}$　③ $1/t^2$　④ $1/t$

4. ベクトル
$\boldsymbol{A}=-3\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j}+2\boldsymbol{k}$,
$\boldsymbol{B}=-2\boldsymbol{i}+3\boldsymbol{k}$,
$\boldsymbol{C}=5xy\boldsymbol{i}+2yz\boldsymbol{j}+3xz\boldsymbol{k}$
の計算について正しいものを ①〜④ より選び、マークせよ。

(a) $|\boldsymbol{A}|=$(　タ　)
① $\sqrt{3}$　② $\sqrt{29}$　③ 29　④ 3

(b) $\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{B}=$(　チ　)
① 12　② -2　③ $6\boldsymbol{i}+6\boldsymbol{k}$　④ $-5\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j}+5\boldsymbol{k}$

(c) $\boldsymbol{A}\times\boldsymbol{B}=$(　ツ　)
① 4　② $-5\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j}+5\boldsymbol{k}$
③ 25　④ $12\boldsymbol{i}+5\boldsymbol{j}+8\boldsymbol{k}$

(d) $\mathrm{div}\,\boldsymbol{C}=$ (　テ　)
① $3x+5y+2z$　② $5x+2y+3z$
③ $5y\boldsymbol{i}+2z\boldsymbol{j}+3x\boldsymbol{k}$　④ $5x\boldsymbol{i}+2y\boldsymbol{j}+3z\boldsymbol{k}$

(e) $\mathrm{rot}\,\boldsymbol{C}=$ (　ト　)
① $-2y-3z-5x$　② $-2y\boldsymbol{i}-3z\boldsymbol{j}-5x\boldsymbol{k}$
③ $-5x-2y-3z$　④ $-5x\boldsymbol{i}-2y\boldsymbol{j}-3z\boldsymbol{k}$

5. 空欄に適する数式を①〜④より選び、マークせよ。ただし、$\boldsymbol{I}=\begin{bmatrix}1&0\\0&1\end{bmatrix}$ である。

(a) $[a\ b]$ に直交するベクトルは (　ナ　)
① $[b\ a]$　② $[-b\ a]$　③ $-[b\ a]$　④ $[1\ -1]$

(b) 与えられた実数 a, b, c, d に対して、$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$ とする。このとき、

$$\boldsymbol{A}\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

を満たすような列ベクトル $\boldsymbol{x} \neq 0$ が存在する条件は (　ニ　)

① $ab + cd = 0$　② $ab - cd = 0$　③ $ad + bc = 0$
④ $ad - bc = 0$

(c) 与えられた行列 $\boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix}$ に対して,

$$\boldsymbol{B}\boldsymbol{y} = \lambda\boldsymbol{y}, \quad \boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix}$$

を満たす複素数 λ と列ベクトル $\boldsymbol{y} \neq 0$ を考えよう。この式は

$$(\lambda\boldsymbol{I} - \boldsymbol{B})\boldsymbol{y} = (\quad ヌ \quad)\boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

と変形できる。

① $\begin{bmatrix} \lambda + e & f \\ g & \lambda + h \end{bmatrix}$　② $\begin{bmatrix} \lambda + e & -f \\ -g & \lambda + h \end{bmatrix}$
③ $\begin{bmatrix} \lambda - e & f \\ g & \lambda - h \end{bmatrix}$　④ $\begin{bmatrix} \lambda - e & -f \\ -g & \lambda - h \end{bmatrix}$

(d) $\boldsymbol{y}$ が存在するための λ の条件は、(　ネ　) である。
① $\lambda^2 + (e + h)\lambda + (eh + fg) = 0$
② $\lambda^2 - (e + h)\lambda + (eh + fg) = 0$
③ $\lambda^2 + (e + h)\lambda + (eh - fg) = 0$
④ $\lambda^2 - (e + h)\lambda + (eh - fg) = 0$