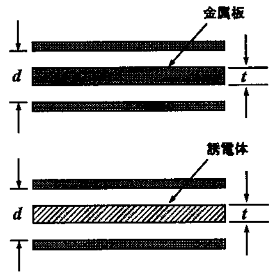
2017 年度 第 1 回 E 科アセスメントテスト 電磁気学　　2017 年 9 月 25 日(月)

注意事項：計算過程と単位も必ず示すこと．解答欄が不足するときは裏面（裏面へと記載）を使用すること．

真空中の誘電率および透磁率をそれぞれ ε_0, μ_0 とする．計算問題においては有効数字 2 桁で計算すること．

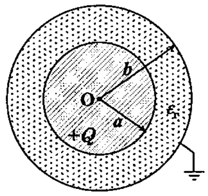
[1]　図のように真空中におかれた面積 S の平行平板コンデンサの内側へ厚さ t ($d > t$) の金属板を挿入したとき（静電容量 C_1）と，比誘電率 ε_r で同じ厚さ t の誘電体を挿入したとき（静電容量 C_2）の静電容量 C_1 および C_2 をそれぞれ求めよ．

解答欄



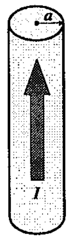
[2]　内径，外径がそれぞれ a, b ($a < b$) の導体球間に誘電率 ε_r の誘電体を詰めた．内球の表面に $+Q$ の電荷を一様に分布させたとき，半径 r（ただし，$a < r < b$）の球面上での電界強度 E，内外導体球間の電位差 V および静電容量 C を求めよ．ただし，外球は接地しているとする．

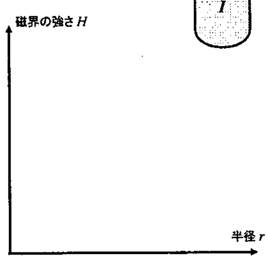
解答欄



[3]　図のように半径 a の円柱形導体内を電流 I が中心軸方向に一様かつ一定の電流密度で流れている．このとき，円柱形導体内外の磁界 H を求めよ．また，その解答をもとに半径方向 r に対する磁界の強さの概形をグラフに示せ．

解答欄





[4]　真空中に距離 a 離れて平行に並んだ導線 A, B があり，ともに電流 I が同じ方向に流れている．電線 A が B に作る磁界の大きさ H と電線 B が単位長さあたりに受ける力 F を求めよ．

解答欄

[5]　真空中に導線を 5 巻して作った円形の回路がある．時刻 t でこの回路を貫く磁束 $\phi(t)$ は，$\phi(t) = \phi_0 \cos\omega t$ で時間変化する．回路に生じる誘導起電力 V_e と，$\phi_0 = 0.1$ Wb，$\omega = 100$ rad/s のときの誘導起電力の最大値 $V_{e\,(\max)}$ を求めよ．

解答欄

[6]　静電界・静磁界の公式に関する次の空所を埋めよ．

電荷 q，磁荷 m，電荷密度 ρ，真空の誘電率 ε_0，誘電率 ε，真空の透磁率 μ_0，透磁率 μ とする．解答はスカラー量でも良い．

●クーロンの法則（帯電体間の力 F）

$$F = \frac{\boxed{1}}{4\pi\varepsilon r^2}$$

●クーロンの法則（磁極間の力 F）

$$F = \frac{\boxed{2}}{4\pi\mu r^2}$$

●電界 E での帯電体に作用する力 F

$$F = \boxed{3}$$

●磁界 H での磁極に作用する力 F

$$F = \boxed{4}$$

●電束密度 D と分極ベクトル P

$$D = \varepsilon E = \boxed{5} + P$$

●磁束密度 B と磁化ベクトル M

$$B = \boxed{6} = \mu_0 H + M$$

●ガウスの法則（積分形）

$$\varepsilon \int_S E \cdot n dS = \boxed{7}$$

●ガウスの法則（積分形）

$$\mu \int_S H \cdot n dS = \boxed{8}$$

●ガウスの法則（微分形）

$$\mathrm{div}\, D = \boxed{9}$$

●ガウスの法則（微分形）

$$\mathrm{div}\, B = \boxed{10}$$

解答欄

1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	

2017年度　第1回　アセスメントテスト　電気回路

2017年9月25日

解答上の注意：計算および解答は2桁精度で行って良い。√記号、分数は残しても良い。

問題1.

図1の回路の合成抵抗 R（a-b 間の抵抗）を求めよ．

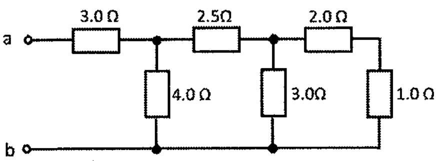


図1．問題1の回路

R = ＿＿＿＿＿＿＿＿ Ω

問題2.

図2の回路の抵抗 R_2 を流れる電流 I を求めよ．

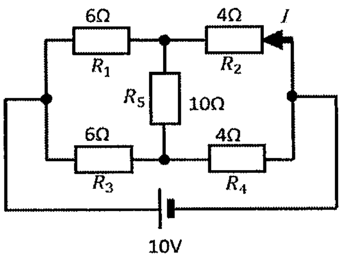


図2．問題2の回路

I = ＿＿＿＿＿＿＿＿ A

問題3.

図3の回路において，電源角周波数を ω として以下の問いに答えよ．

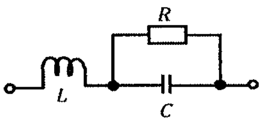


図3．問題3の回路

（1）回路の合成インピーダンス Z を求めよ．

Z = ＿＿＿＿＿＿＿＿ Ω

（2）回路の共振角振動数 ω_1 を求めよ．

ω_1 = ＿＿＿＿＿＿＿＿ rad/s

（3）$\omega=\omega_1$ のときの回路のインピーダンス Z_1 を求めよ．

Z_1 = ＿＿＿＿＿＿＿＿ Ω

問題4.

図4の回路において抵抗 R は15Ω，コンデンサの容量リアクタンス X_C は20Ωである．電源電圧 E が60 Vのときにコンデンサを流れる電流の大きさ $|I_X|$ が 3.0 A になった．このとき，以下の問いに答えよ．ただし，電流 I は電圧 E よりも位相が遅れているものとする．

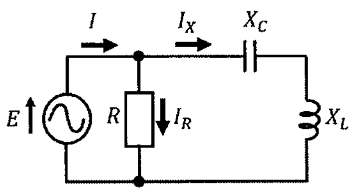


図4．問題4の回路

（1）抵抗を流れる電流 I_R を求めよ．

I_R = ＿＿＿＿＿＿＿＿ A

（2）I, I_R, I_X, E の関係をフェーザ図で示せ．

（3）I を求めよ．

I = ＿＿＿＿＿＿＿＿ A

（4）X_C と X_L の合成インピーダンス Z_X を求めよ．

Z_X = ＿＿＿＿＿＿＿＿ Ω

（5）コイルのリアクタンス X_L を求めよ．

X_L = ＿＿＿＿＿＿＿＿ Ω

問題5.

図5に示す変成器の回路について以下の問いに答えよ．ただし，入力電圧の角周波数を ω とする．

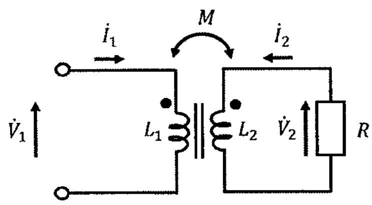


図5．変成器回路

（1）$\dot{V}_1$, $\dot{V}_2$ を $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$ を用いて表せ．

$\dot{V}_1$ = ＿＿＿＿＿＿＿＿

$\dot{V}_2$ = ＿＿＿＿＿＿＿＿

（2）$\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$ の関係を求めよ．

$\dot{I}_2$ = ＿＿＿＿＿＿＿＿

（3）一次側から見たインピーダンス Z を L_1, L_2, M を用いて表せ．

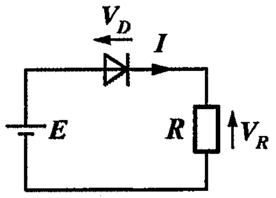
Z = ＿＿＿＿＿＿＿＿

電子回路　　アセスメントテスト

2017. 9. 25

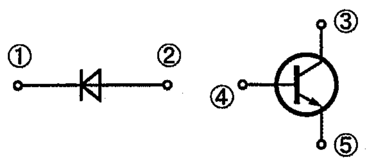
1. 図の回路について，定電圧近似により電流および各電圧を求めなさい．ただし，$R = 100\ \Omega$ とする．

［回路方程式］



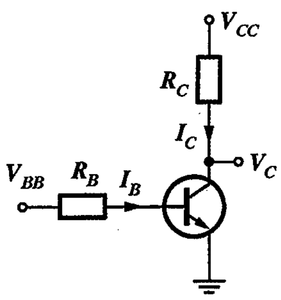
E (V)	V_D (V)	V_R (V)	I (mA)
3.0			
1.5			
0.5			
-5.0			

2. 下図の回路記号に適当な端子名を記しなさい．

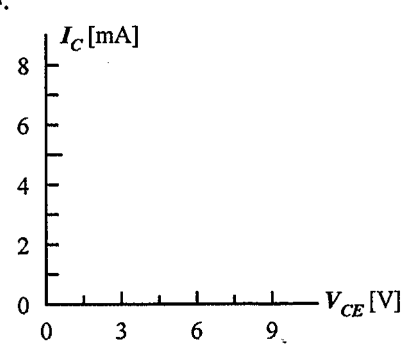


①	
②	
③	
④	
⑤	

3. 下図の回路に関して以下の設問に答えなさい．



$V_{CC} = 9$ V
$V_{BB} = 5$ V
$h_{FE} = 200$
$R_C = 1.5$ kΩ



(1) V_{CC} と R_C で決まる，負荷線を書きなさい．

(2) $I_C = 3.6$ mA となるようにするには，ベース電流 I_B をいくらにすればよいか．

(3) ベース電流に関する回路方程式を書き，それを解いて，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 (2) で答えたものであるとする．

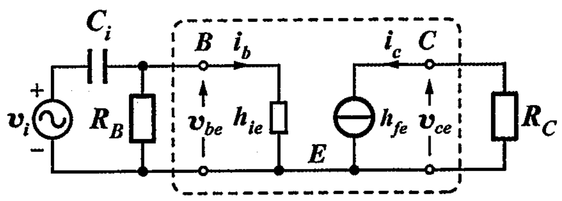
［回路方程式］

(4) さらにこのとき，コレクタの電位 V_C を求め，回路の動作点を ○ で示しなさい．

［回路方程式］

4. トランジスタの等価回路に関する以下の問いに答えなさい．

(1) 図のように，結合コンデンサ C_i で交流信号源 v_i が接続されている，小信号等価回路で成立する関係を記しなさい．ただし，結合コンデンサの値は十分に大きいとしてよい．



$v_i =$

$v_{be} =$

$i_c =$

点線内の関係は，回路図の点線内のものだけで，書き表しなさい．

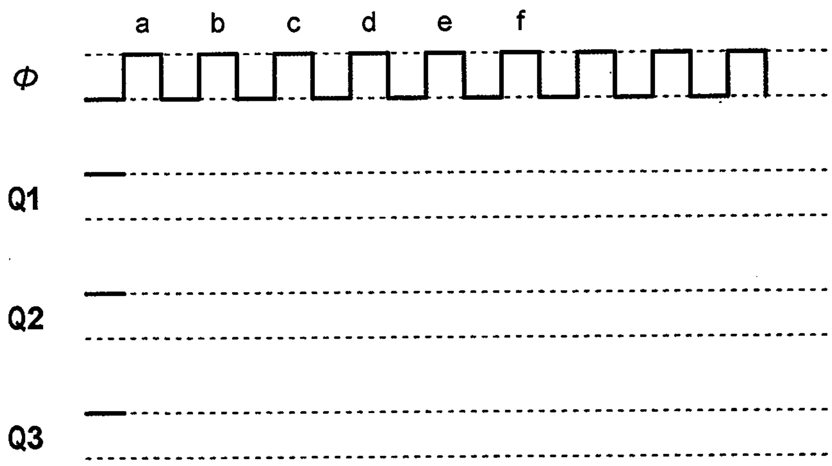
$v_{ce} =$

(2) 上で得た関係式から，電圧増幅度 A_v を表す式を導きなさい．また，その値を求めなさい．ただし，計算に必要な値は，以下の値と問 3 の値を使用しなさい．

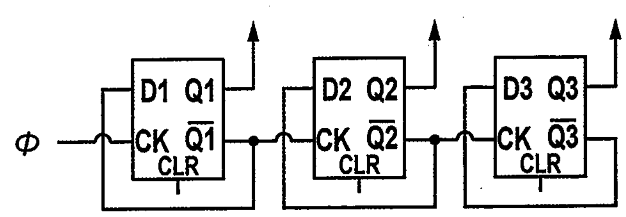
$h_{ie} = 1.5$ kΩ　　式　　　　値

$A_v =$

5. 図のようなクロック信号 Φ を下の回路に入力した時の，各フリップ・フロップ (FF) の出力波形を描きなさい．ここで，FF はクロック信号の立ち上がりで，入力信号 (D) を取り込み，出力する (Q = D) ものとし，CLR 信号は，クロック信号とは無関係に CLR = 1 の時，出力 Q を 0 にするものとする．



この回路に部品を加え，クロック信号が 5 周期で元の状態に戻る (例えば，f = a となる) ようにするには，どのようにすれば良いか，下図に書き加えなさい．



結果の数値は分数ではなく，少数で答えなさい．また，答えにいたる途中経過を必ず書くこと．答えのみは不可．解答スペースが足りない場合は裏面に記入してよい．

アセスメント・テスト　電気数学

1. 以下の下線部に適する文字を $\boxed{}$ 内より選び，番号を記せ．ただし，同じ番号を何度使ってもよい．また，j は虚数単位である．

① α	② β	③ $\cos\alpha$	④ $\cos\beta$	⑤ $\sin\alpha$	⑥ $\sin\beta$

(a) $e^{-j\alpha} = \underline{\qquad} - j\,\underline{\qquad}$

(b) $\cos(\alpha-\beta) = \underline{\qquad}\,\underline{\qquad} + \underline{\qquad}\,\underline{\qquad}$

(c) $\sin(-2\alpha) = -2\,\underline{\qquad}\,\underline{\qquad}$

(d) $2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right) = \underline{\qquad} + \underline{\qquad}$

2. 以下の下線部に適する文字を $\boxed{}$ 内より選び，番号を記せ．ただし，同じ番号を何度使ってもよい．

① 0	② 1	③ a	④ e^t	⑤ e^{at}	⑥ $\cos t$	⑦ $\sin t$

(a) $\frac{d}{dt}e^{at} = \underline{\qquad}\,\underline{\qquad}$

(b) $\frac{d}{dt}\sin t = \underline{\qquad}$

(c) $\frac{d}{dt}(e^t\cos t) = \underline{\qquad}\,\underline{\qquad} - \underline{\qquad}\,\underline{\qquad}$

(d) $\frac{d}{dt}\log x = \underline{\qquad}$

3. 以下の下線部に適する文字を $\boxed{}$ 内より選び，番号を記せ．ただし，同じ番号を何度使ってもよい．また，c_1, c_2, c_3 は定数である．

① e^{-t}	② e^{-2t}	③ e^{-3t}	④ te^{-t}	⑤ te^{-2t}
⑥ $e^{-t}\cos t$	⑦ $e^{-t}\sin t$	⑧ $e^{-2t}\cos t$	⑨ $e^{-2t}\sin t$	

(a) $\frac{dx(t)}{dt} + 2x(t) = 0$ のとき，$x(t) = c_1\,\underline{\qquad}$

(b) $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 3\frac{dx(t)}{dt} + 2x(t) = 0$ のとき，
$x(t) = c_1\,\underline{\qquad} + c_2\,\underline{\qquad}$

(c) $\frac{d^3x(t)}{dt^3} + 6\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 11\frac{dx(t)}{dt} + 6x(t) = 0$ のとき，
$x(t) = c_1\,\underline{\qquad} + c_2\,\underline{\qquad} + c_3\,\underline{\qquad}$

(d) $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 4\frac{dx(t)}{dt} + 4x(t) = 0$ のとき，
$x(t) = c_1\,\underline{\qquad} + c_2\,\underline{\qquad}$

(e) $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + 4\frac{dx(t)}{dt} + 5x(t) = 0$，$x(0) = 0$ のとき，
$x(t) = jc_1\,\underline{\qquad}$

4. $\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$, $\boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} 3 & 4 \end{bmatrix}$ のとき，以下の計算を行え．ただし，下線部には符号 (+ または −)，$\boxed{}$ 内には 0 から 9 までの整数を記入せよ．

(a) $\boldsymbol{AB} = \begin{bmatrix} \underline{\quad}\boxed{} & \underline{\quad}\boxed{} \\ \underline{\quad}\boxed{} & \underline{\quad}\boxed{} \end{bmatrix}$

(b) $\boldsymbol{BA} = \underline{\quad}\boxed{}$

(c) $\boldsymbol{AB}$ の行列式 $= \underline{\quad}\boxed{}$

(d) $\boldsymbol{AB}$ の固有値 $= \underline{\quad}\boxed{}$, $\underline{\quad}\boxed{}$

5. x, y, z 軸正方向の単位ベクトルを $\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$ としたとき，以下の計算を行え．ただし，下線部には符号 (+ または −)，$\boxed{}$ 内には 0 から 9 までの整数を記入せよ．なお，$\boldsymbol{A} = A_x\boldsymbol{i} + A_y\boldsymbol{j} + A_z\boldsymbol{k}$ のとき，

$$\begin{aligned}
\mathrm{grad}\varphi &= \frac{\partial\varphi}{\partial x}\boldsymbol{i} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\boldsymbol{j} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\boldsymbol{k} \\
\mathrm{div}\boldsymbol{A} &= \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial Az}{\partial z} \\
\mathrm{rot}\boldsymbol{A} &= \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}\right)\boldsymbol{i} + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}\right)\boldsymbol{j} \\
&\quad + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}\right)\boldsymbol{k}
\end{aligned}$$

である．

(a)

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{A} &= \boldsymbol{i} + \boldsymbol{j} \\
\boldsymbol{B} &= \boldsymbol{i} + 2\boldsymbol{k} \\
\boldsymbol{C} &= 2\boldsymbol{j} + \boldsymbol{k}
\end{aligned}$$

とする．このとき，

i. $\boldsymbol{j}\times\boldsymbol{i} = \underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{i}\,\underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{j}\,\underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{k}$

ii. $\boldsymbol{A}\times\boldsymbol{B}\cdot\boldsymbol{C} = \underline{\quad}\boxed{}$

iii. $(\boldsymbol{A}\times\boldsymbol{B})\times\boldsymbol{C}$
$= \underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{i}\,\underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{j}\,\underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{k}$

iv. $\boldsymbol{A}\times(\boldsymbol{B}\times\boldsymbol{C})$
$= \underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{i}\,\underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{j}\,\underline{\quad}\boxed{}\,\boldsymbol{k}$

(b) $\varphi = 3x^2z - y^2z^3 + 4x^2y + 2x - 3y - 5$ のとき，

i. $\mathrm{grad}\varphi = (\underline{\quad}\boxed{}\,xz\,\underline{\quad}\boxed{}\,xy + 2)\boldsymbol{i}$
$+(\underline{\quad}\boxed{}\,yz^3\,\underline{\quad}\boxed{}\,x^2 - 3)\boldsymbol{j}$
$+(\underline{\quad}\boxed{}\,x^2\,\underline{\quad}\boxed{}\,y^2z^2)\boldsymbol{k}$

ii. $\mathrm{div}(\mathrm{grad}\varphi) = \underline{\quad}\boxed{}\,z\,\underline{\quad}\boxed{}\,y$
$\underline{\quad}\boxed{}\,z^3\,\underline{\quad}\boxed{}\,y^2z$

(c) $\boldsymbol{A} = 2x^2z\boldsymbol{i} - xy^2z\boldsymbol{j} + 3yz^2\boldsymbol{k}$ のとき，

i. $\mathrm{div}\boldsymbol{A}$
$= \underline{\quad}\boxed{}\,xz\,\underline{\quad}\boxed{}\,xyz\,\underline{\quad}\boxed{}$
yz

ii. $\mathrm{rot}\boldsymbol{A}$
$= (\underline{\quad}\boxed{}\,z^2\,\underline{\quad}\boxed{}\,xy^2)\boldsymbol{i}$
$\underline{\quad}\boxed{}\,x^2\boldsymbol{j}\,\underline{\quad}\boxed{}\,y^2z\boldsymbol{k}$