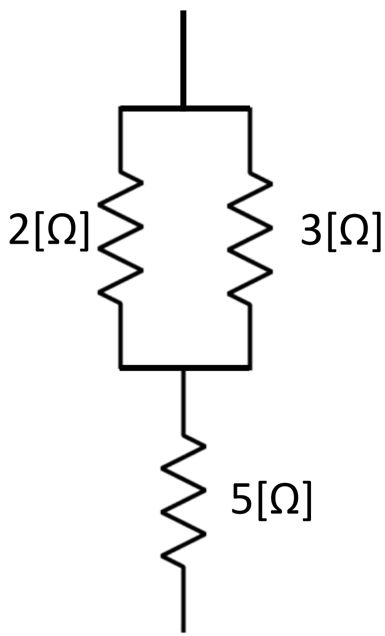
医用工学概論
練習問題まとめ　解答

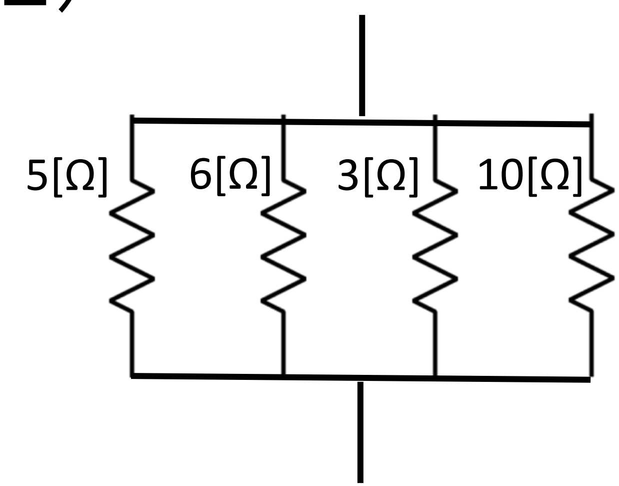
問題1-1　解答

次の合成抵抗を求めよ。

（１）



（２）



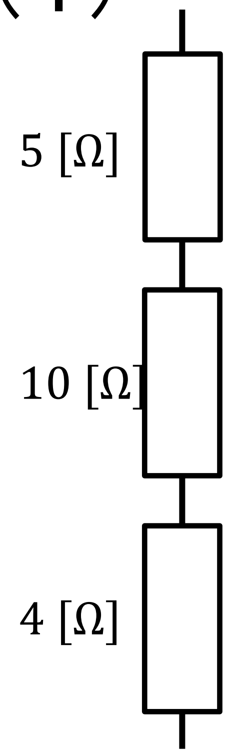
（１）$\frac{31}{5}$

（２）$\frac{5}{4}$

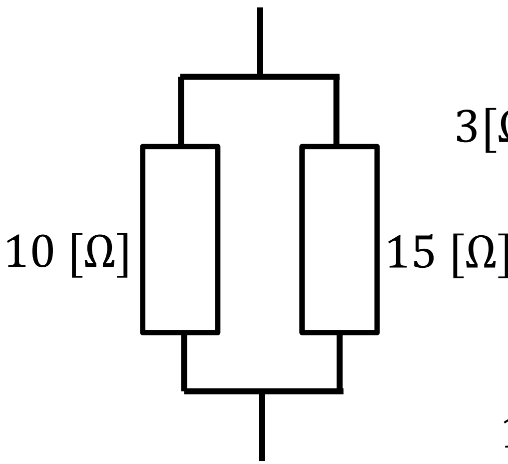
問題1-2 解答

次の合成抵抗を求めよ。

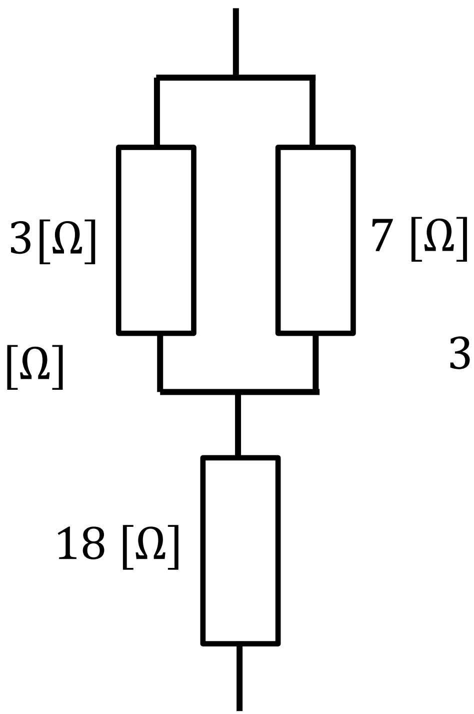
（１）



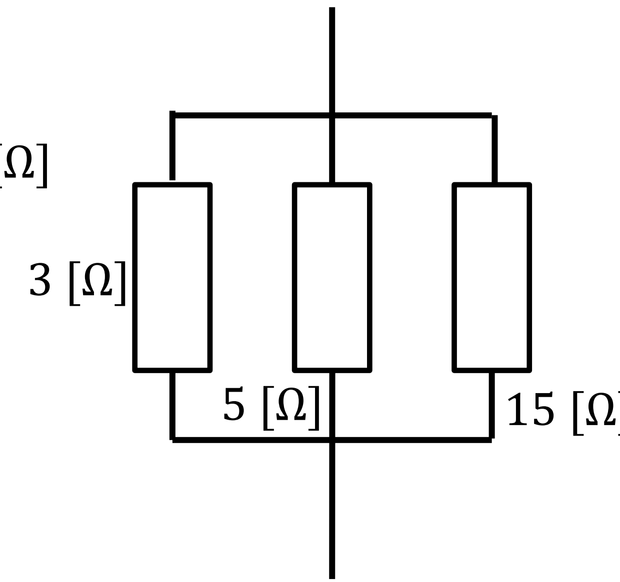
（２）



（３）



（４）



19

6

20.1

5/3[Ω]

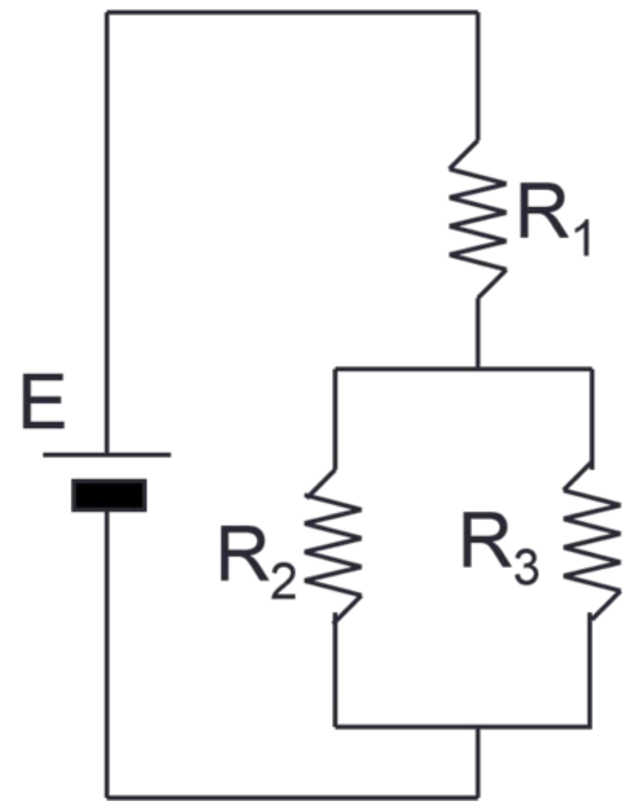
問題1-3　解答

R_1=2, R_2=4, R_3 = 6[Ω], E=20[V]となる以下のような回路を作製したときの消費電力を求めよ。

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} = \frac{24}{10} = 2.4$$

$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 2 + 2.4 = 4.4$$

$$P = VI = V\frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} = \frac{20^2}{4.4} = \frac{400}{4.4} = 90.909 \ldots$$



問題1-4　解答

合成抵抗

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = \frac{100}{20} = 5$$

$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 20 + 5 = 25$$

<u>正解: 25 [Ω]</u>

電力

$$P = VI = V\frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} = \frac{100^2}{25} = \frac{10000}{25} = 400$$

<u>正解: 400 [W]</u>

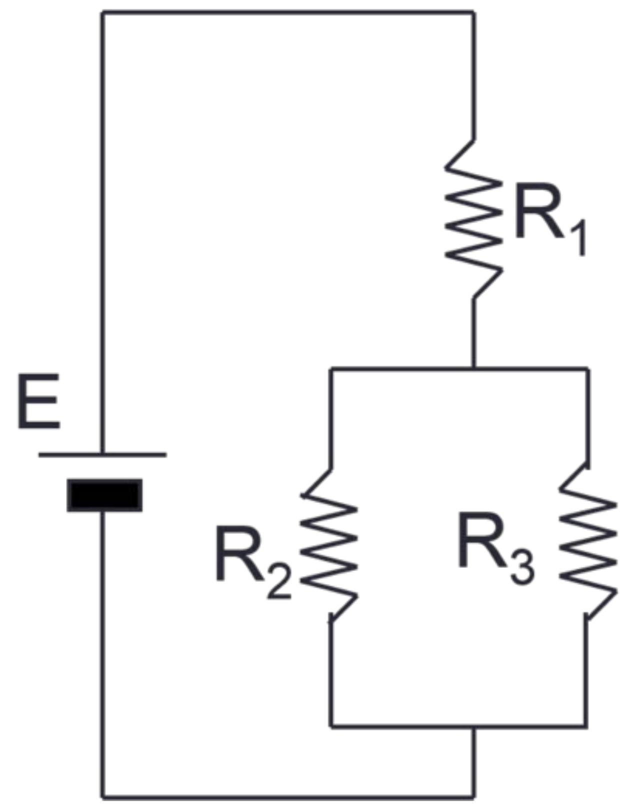
問題1-5　解答

R_1=0.1, R_2=1, R_3 = 9[Ω], E=30[V]となる以下のような回路を作製したとき

（１）消費電力を求めよ。

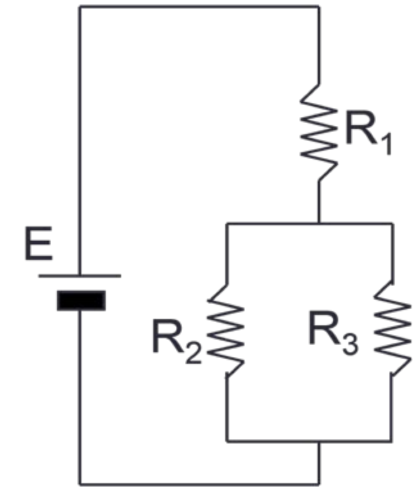
（２）10秒間電流を流した時のR1で発生する熱量を求めよ。

（３）R_1において300[J]の熱量を得るためには何秒間電流を流せば良いか。



答え
（１）900[W]
（２）900[J]
（３）10/3[s]

問題1-6　解答



（1）消費電力

$$P = VI$$

①並列部分（下半分）

$$R_{23} = \frac{積}{和} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} = \frac{100}{20} = 5$$

②直列部分（全体）

$$R_{123} = R_1 + R_{23} = 20 + 5 = 25$$

消費電力

$$I = \frac{V}{R} = \frac{E}{R_{123}} = \frac{100}{25} = 4, \qquad P = VI = EI = 100 \times 4 = 400\ [W]$$

問題1-6　解答

（2）熱量

$$\mathrm{H} = P \times t = VI \times t$$

$$V_2 = V_3 = E - V_1 = E - R_1 I = 100 - 20 \times 4 = 100 - 80 = 20$$

R1の消費電力

$$I_2 = V_2 / R_2 = \frac{20}{10} = 2\ [A]$$

$$P_2 = V_2 I_2 = 20 \times 2 = 40\ [W]$$

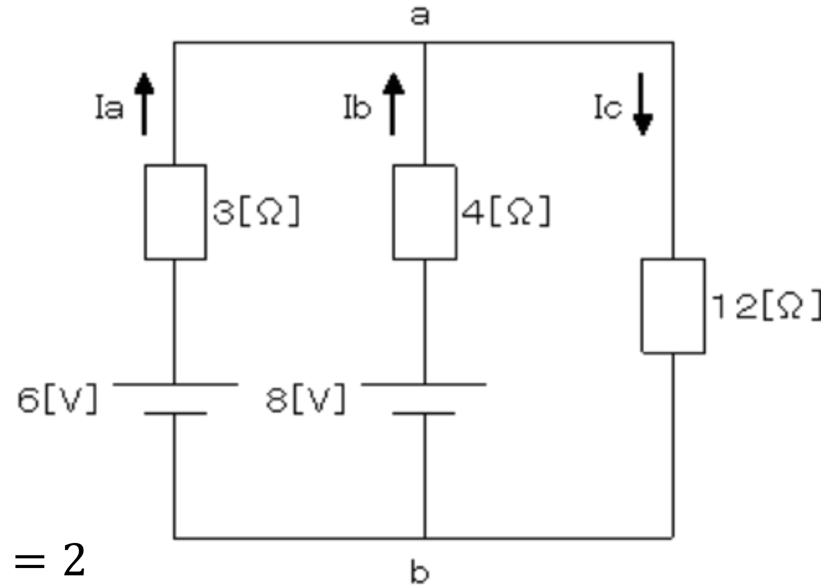
R1の発熱量

$$H_2 = P_2 \times t$$

$$1000 = 40t$$

$$t = 25\ [\text{秒}]$$

問題2-1　解答



$$\begin{cases} I_c = I_a + I_b \\ 6 = 3I_a + 2I_c \\ 8 = 4I_b + 12I_c \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6 = 3I_a + 12(I_a + I_b) = 15I_a + 12I_b \\ 8 = 4I_b + 12(I_a + I_b) = 12I_a + 16I_b \end{cases}$$

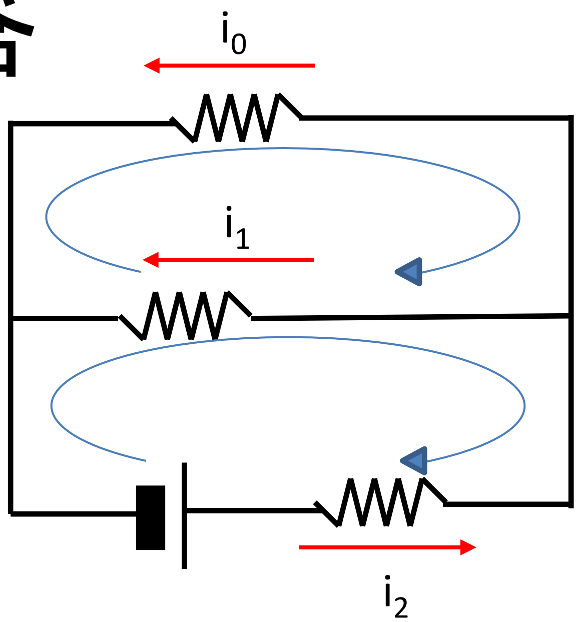
$$\begin{array}{rr} & 5I_a + 4I_b = 2 \\ -) & 3I_a + 4I_b = 2 \\ \hline & 2I_a = 0 \\ & I_a = 0 \end{array}$$

$$4I_b = 2$$
$$I_b = 0.5$$

$$I_c = 0 + 0.5 = 0.5$$

$$\underline{I_a = 0\ [A],\ \ I_b = 0.5\ [A], I_c = 0.5\ [A]}$$

問題2-2　解答



キルヒホッフを使った方法
回路方程式

$$\begin{cases} i_2 = i_0 + i_1 \\ 0 = -i_0 R_0 + i_1 R_1 \\ -E = -i_2 R_2 - i_1 R_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_2 = i_0 + i_1 \\ 0 = -2i_0 + 4i_1 \\ 20 = 2i_2 + 4i_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_1 = i_2 - i_0 \\ i_0 = 2i_1 \\ i_2 = 10 - 2i_1 \end{cases}$$

$$i_1 = 10 - 2i_1 - 2i_1$$

$$5i_1 = 10$$

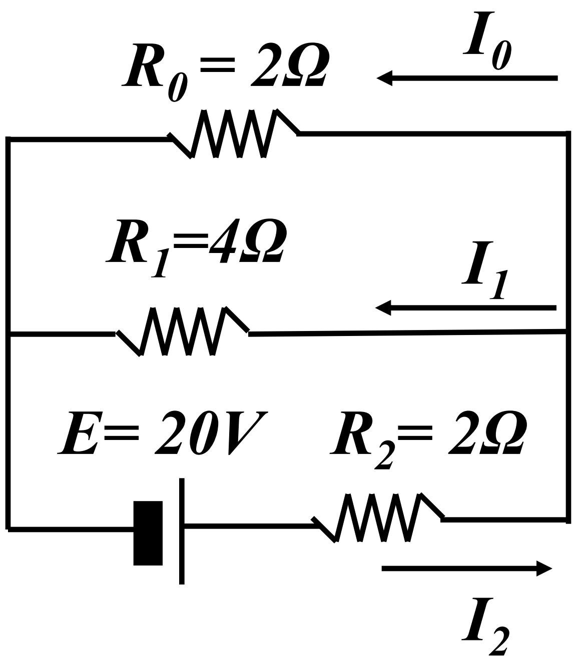
$$i_1 = 2$$

$$i_0 = 2i_1 = 2\times 2 = 4\ [A]$$

問題2-3　解答

キルヒホッフの法則を使って
各抵抗を流れる電流を求めよ。

答え
$I_0 = 4$ [A]
$I_1 = 2$ [A]
$I_2 = 6$ [A]



問題2-4　解答

キルヒホッフの法則から、方程式を3つたてる

$$I_2 = I_0 + I_1 \qquad (1)$$
$$E = I_1 R_1 + I_2 R_2 \rightarrow 40 = 4I_1 + 6I_2 \qquad (2)$$
$$E = I_0 R_0 + I_2 R_2 \rightarrow 40 = 4I_0 + 6I_2 \qquad (3)$$

3つの変数に対して方程式が3つあるので解ける

(1)より$I_0 = I_2 - I_1$を(3)に代入

$$40 = 10I_2 - 4I_1 \quad (4)$$

$(4) + (2)$

$$40 + 40 = 10I_2 + 6I_2 \rightarrow I_2 = 5\ [\mathrm{A}]$$

I_2を(3)に代入

$$40 = 4I_0 + 5 \times 6 \rightarrow I_0 = 2.5\ [\mathrm{A}]$$

問題2-5　解答

キルヒホッフの法則から、方程式を3つたてる

$$I_2 = I_0 + I_1 = 3 + I_1 \qquad (1)$$

$$E_1 + E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 \rightarrow E_1 + 46 = 3I_1 + 4I_2 \quad (2)$$

$$E_2 = I_0 R_0 + I_2 R_2 \rightarrow 46 = 3\times 2 + 4I_2 \qquad (3)$$

(3)より

$$I_2 = 10\ [\mathrm{A}]$$

(1)に代入

$$I_1 = 7\ [\mathrm{A}]$$

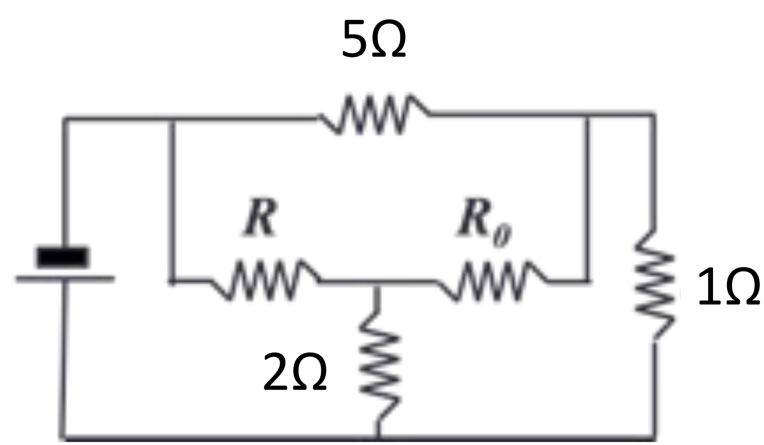
(2)に代入

$$E_1 + 46 = 3\times 7 + 4\times 10 \rightarrow E_1 = 15\ [\mathrm{V}]$$

問題3-1　解答

平衡条件

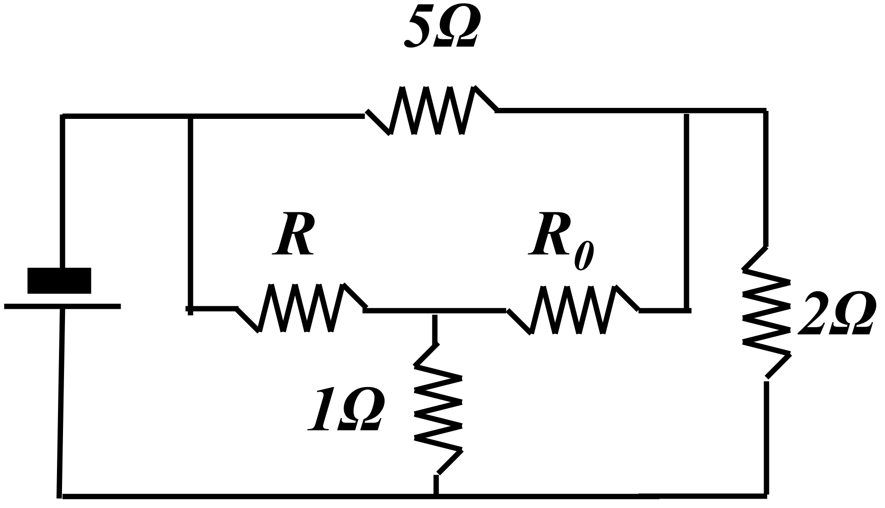
$$5 \times 2 = R \times 1$$
$$R = 10$$



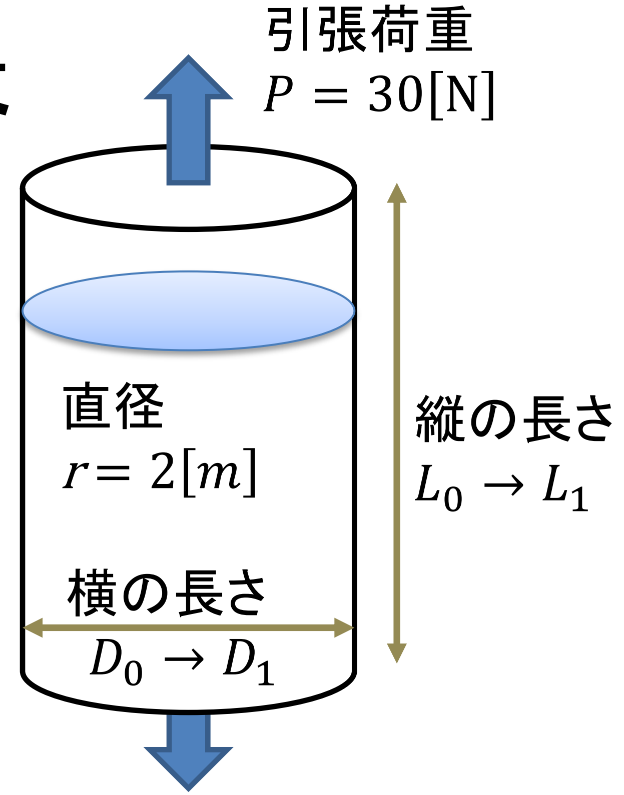
問題3-2　解答

図の回路において抵抗R_0に流れる電流が0[A]になるとき、
抵抗Rの値 を求めよ。

答え
R = 2.5 [Ω]



問題4-1　解答



(1)応力

$$A = 1 \times 1 \times \pi = \pi$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{30}{\pi}$$

(2)横変形量

$$\varepsilon_L = \frac{2}{10} = 0.2$$

$$\varepsilon_D = m \times \varepsilon_L = 0.5 \times 0.2 = 0.1$$

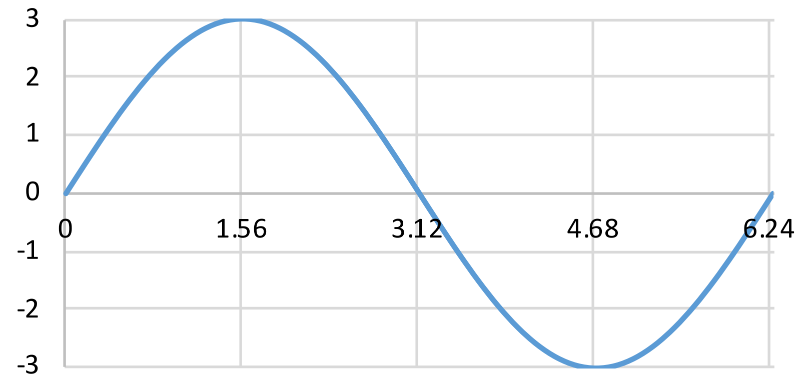
$$\Delta D = D_0 \times \varepsilon_D = 2 \times 0.1 = 0.2\ [m]$$

問題6-1　解答

（1）電流の式を求めよ

$$i(t) = 3\sin(t)$$

（2）電流をのグラフをかけ



（3）π/4[s]後の電流の瞬時値を求めよ

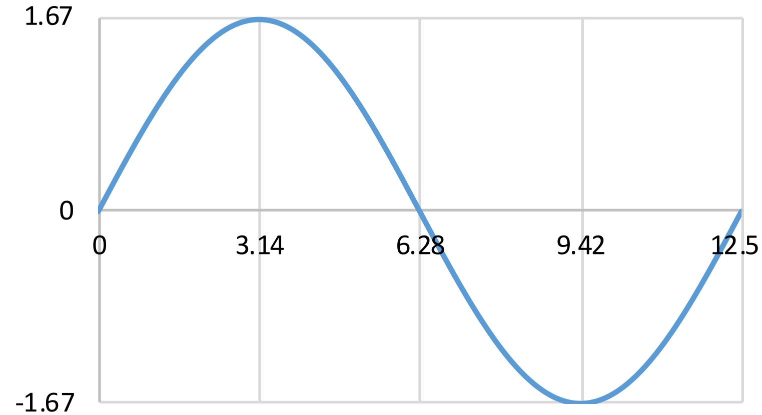
$$i\left(\frac{\pi}{4}\right) = 3\sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 3\frac{1}{\sqrt{2}}$$

問題6-2　解答

（１）電流の式を求めよ

$$i(t) = \frac{5}{3}\sin(\frac{1}{2}t)$$

（２）電流をのグラフをかけ



（３）π/4[s]後の電流の瞬時値を求めよ

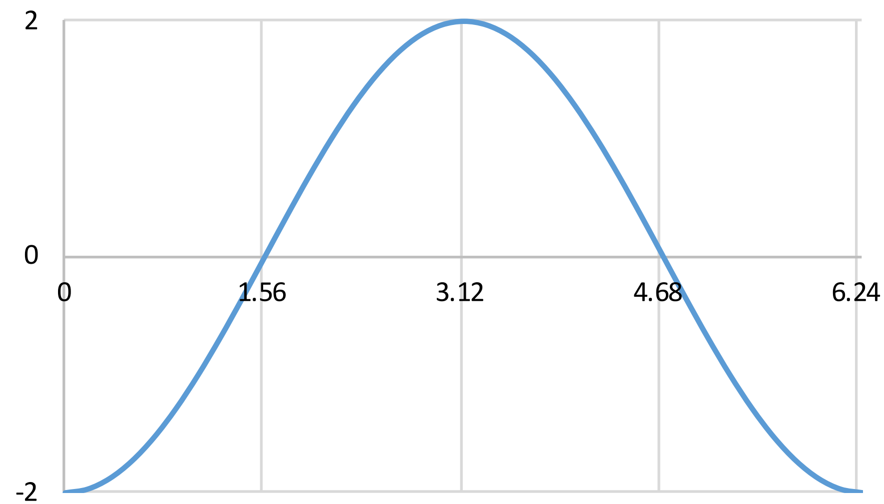
$$i\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{5}{3}\sin\left(\frac{\pi}{8}\right)$$

問題6-3　解答

（1）電流の式を求めよ

$$2\sin\left(t-\frac{\pi}{2}\right)$$

（2）電流をのグラフをかけ



（3） π/6[s]後の電流の瞬時値を求めよ

2sin(30-90)=2sin(-60)=-2sin(60)=-2･(√3/2)=-√3

問題7-1 解答

抵抗$\boldsymbol{R}$を8 [Ω]自己インダクタンス$\boldsymbol{L}$を9 [H]とし、
交流電源の周波数$\boldsymbol{f}$を1/2π、最大電圧$\boldsymbol{V_0}$を50 [V]とする。

（1）インピーダンスを求めよ。

$$|\mathrm{Z}| = \sqrt{64+81} = \sqrt{145}$$

（2）電流の式をかけ。

$$i = \frac{50}{\sqrt{145}} \sin(t - Tan^{-1}(\frac{9}{8}))$$

問題8-1　解答

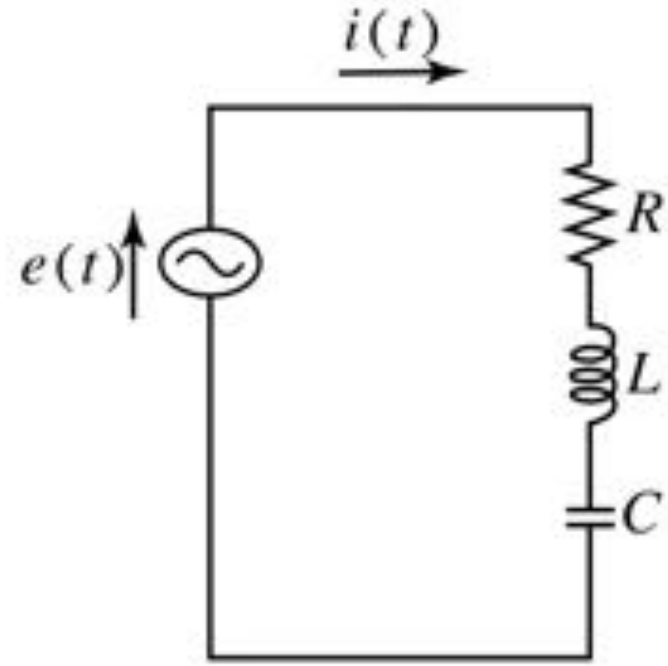
図の交流回路で R=10[Ω]、L=80[H]、C=0.2[F]とする。

（１）共振周波数を求めよ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{16}} = \frac{1}{8\pi}$$

（２）共振周波数の時のインピーダンス$|Z|$を求めよ。

$$|Z| = R = 10$$



問題10　解答

図の回路においてrは電源Eの内部抵抗、Rは回路に接続された負荷を表す。

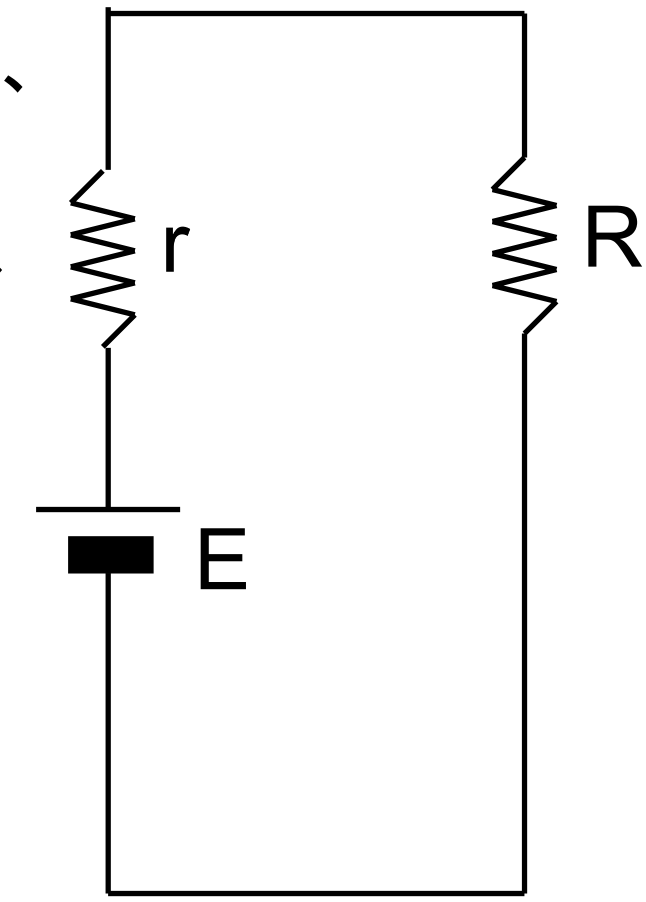
（１）r=5[Ω]、E=10[V]、Rを可変としたとき、インピーダンスマッチングで得られる負荷Rの最大消費電力を求めよ。

最大電力供給のための条件は

$$R = r = 5$$

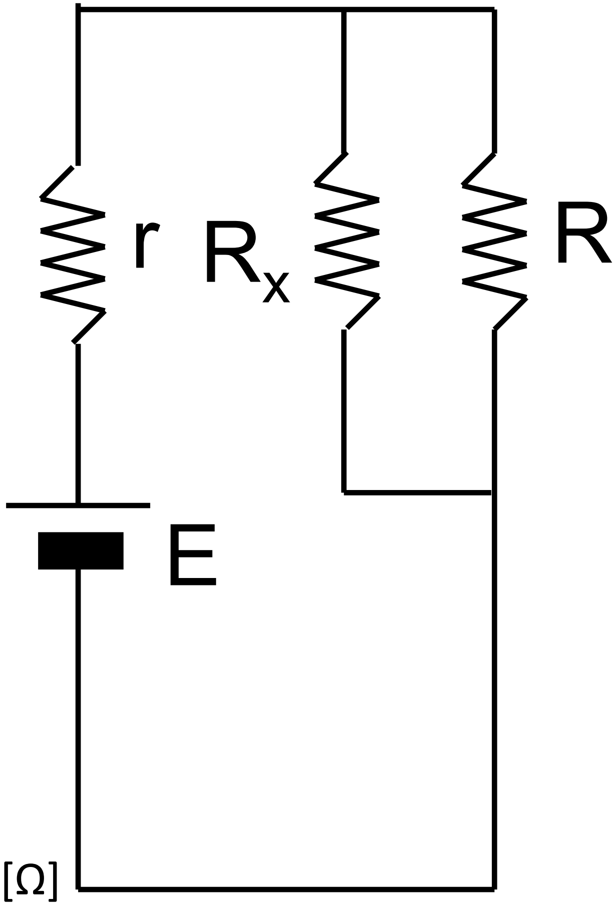
Rでの消費電力は

$$P = RI^2 = R\frac{E^2}{(r+R)^2} = \frac{10^2}{10^2}5 = 5[W]$$



問題10　解答

（２）r=10[Ω]、R=30[Ω]とする。このときRに並列で抵抗Rxを追加することで、R及びRxで消費される電力を最大化したい。この時のRxの抵抗値を求めよ。



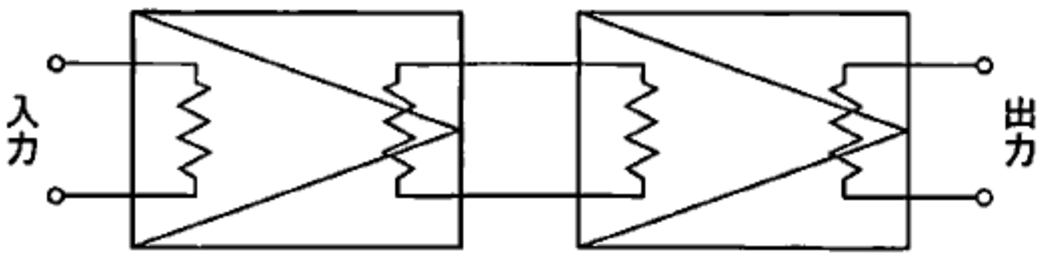
$$\boxed{r = \frac{R_x R}{R_x + R}}$$

最大化の条件
あとは解くだけ

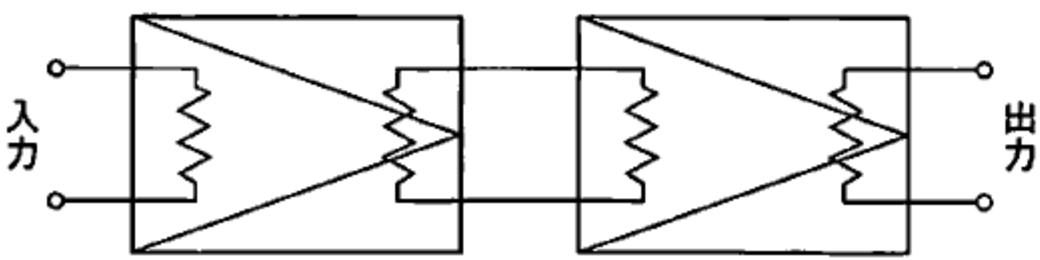
$$r(R_x + R) = R_x R$$
$$rR_x + rR = R_x R$$
$$rR_x - R_x R = -rR$$
$$R_x(r - R) = -rR$$
$$R_x = \frac{rR}{(R - r)}$$
$$= \frac{10 \times 30}{30 - 10} = \frac{300}{20} = 15 \text{ [Ω]}$$

問題11　解答

1/2倍	×	1/5倍	＝	1/10倍
-3dB	＋	-7dB	＝	-10dB



1/100倍	×	1,000倍	＝	10倍
-20dB	＋	30dB	＝	10dB



問題12-1 解答

(1)最高周波数が100HzのアナログAD信号をAD変換する際の最大サンプリング周期はいくつか。

$$T < \frac{1}{2f_{max}}$$

$$T < \frac{1}{2\times100}$$

$$T < 0.005\ [s]$$

問題12-1 解答

(2)最高周波数が25Hzのアナログ信号をAD変換する際の最低サンプリング周波数はいくつか。

$$f > 2f_{max}$$

$$f > 2\times 25$$

$$f > 50\ [Hz]$$

問題12-2 解答

$y=8\sin(6\pi t+\frac{\pi}{2})$で表されるアナログ信号波形をAD変換する時、信号が復元可能であるための条件を、サンプリング周波数f_sを用いて表せ。

信号の周波数は次のようになる。

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$f = \frac{6\pi}{2\pi} = 3[Hz]$$

サンプリング周波数は次のようになる。

$$f > 2f_{max}$$

$$f > 2\times 3$$

$$f > 6\ [Hz]$$