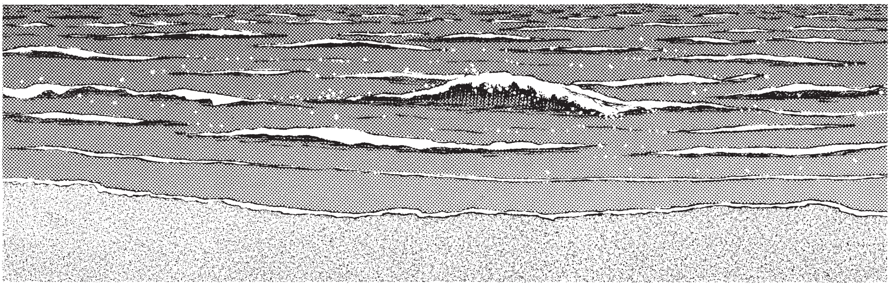
問および復習問題の解答



第 1 章　直流回路

問

1・1　電気回路の電圧・電流

問 1　電子 1 個のもつ電気量は，$-1.60217662\times10^{-19}$ クーロンであるから，-1 クーロンの電気量は，

$$\frac{-1}{-1.60217662\times10^{-19}}=\mathbf{0.624\times10^{19}}\ 〔\text{個}〕$$

問 2　式 (1・1) から，

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{10}{2}=\mathbf{5}\ 〔\mathrm{A}〕$$

問 3　AB 間の電位差（電圧）V〔V〕は，A の電位が 90 V，B の電位が 30 V であるから，

$$V=(\text{A の電位})-(\text{B の電位})=90-30=\mathbf{60}\ 〔\mathrm{V}〕$$

問 4　式 (1・2) から，

$$I=\frac{V}{R}=\frac{100}{25}=\mathbf{4}\ [\mathbf{A}]$$

問 5　式 (1･2) から，

$$I=\frac{V}{R}=\frac{100}{500\times10^{3}}=\frac{1}{5}\times10^{-3}\,[\mathrm{A}]=\mathbf{0.2}\ [\mathbf{mA}]$$

〔注〕 ①　この問題で，$R=500\,[\mathrm{k\Omega}]$ が $R=500\times10^{3}\,[\Omega]$ の標準単位に直して計算する。

②　$1/10^{3}=10^{-3}$ となる。

問 6　豆電球の抵抗 R は，式 (1･2) から，

$$R=\frac{V}{I}=\frac{1.5}{0.3}=\mathbf{5}\ [\Omega]$$

コンダクタンス G は，

$$G=\frac{1}{R}=\frac{1}{5}=\mathbf{0.2}\ [\mathbf{S}]$$

〔注〕 この問題のねらいは，式の変形と単位のミスのないことである。

問 7　式 (1･2) から，

$$I=\frac{V}{R}=\frac{6\times10^{3}}{50\times10^{6}}=0.12\times10^{-3}=120\times10^{-6}\,[\mathrm{A}]=\mathbf{120}\ [\boldsymbol{\mu}\mathbf{A}]$$

〔注〕 この問題は，標準単位では値が小さすぎるので，補助単位を使って答を示す例である。

問 8　式 (1･12) と式 (1･13) から，合成抵抗 R は，

$$R=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}=\frac{10\times10}{10+10}=\frac{100}{20}=\mathbf{5}\ [\Omega]$$

コンダクタンス G は，

$$G=G_1+G_2=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{10}+\frac{1}{10}=\frac{2}{10}=\mathbf{0.2}\ [\mathbf{S}]$$

〔注〕 この問題のポイントは，同一抵抗の並列接続の場合の合成抵抗は，その一つの抵抗の 1/2 の値となる。

問 9　解図 1 の回路に流れる電流 I〔A〕は，式 (1･2) から，

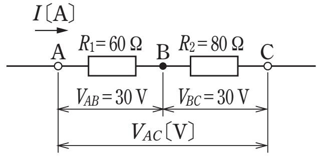
$$I=\frac{V_{AB}}{R_1}=\frac{30}{60}=\frac{1}{2}=\mathbf{0.5}\ \text{〔A〕}$$

80 Ω の端子電圧 V_{BC}〔V〕は，

$$V_{BC}=R_2I=80\times0.5=\mathbf{40}\ \text{〔V〕}$$

したがって，全電圧 V_{AC}〔V〕は，

$$V_{AC}=V_{AB}+V_{BC}=30+40=\mathbf{70}\ \text{〔V〕}$$



解図 1

問10　回路に流れる電流 I〔A〕は，式 (1･15) から，

$$I=\frac{E}{r+R+R_l}=\frac{1.5}{0.5+0.1+8}=\frac{1.5}{8.6}=0.174\ \text{〔A〕}$$

端子 ab 間の電圧 V_{ab} は，式 (1･17) から，

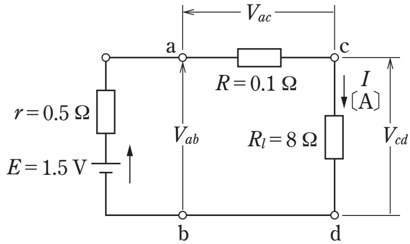
$$V_{ab}=E-rI=1.5-0.5\times0.174=1.5-0.087\fallingdotseq\mathbf{1.41}\ \text{〔V〕}$$

端子 cd 間の電圧 V_{cd}〔V〕は，

$$V_{cd}=R_lI=8\times0.174\fallingdotseq\mathbf{1.39}\ \text{〔V〕}$$

端子 ac 間の電圧 V_{ac} は，

$$V_{ac}=RI=0.1\times0.174=\mathbf{0.017}\ \text{〔V〕}$$



解図 2

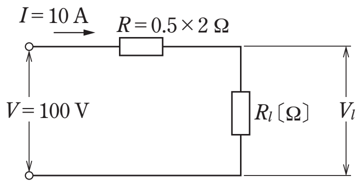
問11　電線の電圧降下 v〔V〕は，

$$v=RI=0.5\times2\times10=\mathbf{10}\ \text{〔V〕}$$

また，負荷電圧 V_l〔V〕は，

$$V_l=V-v=100-10=\mathbf{90}\ \text{〔V〕}$$

〔注〕　電線 2 本の抵抗は，2×0.5〔Ω〕としなければばならない。



解図 3

問12

$$I_3=I_1+I_2 \qquad (1)$$

$$R_1I_1-R_2I_2=0 \qquad \therefore \quad 30I_1-20I_2=0 \qquad (2)$$

$$R_1I_1+R_3I_3=E \qquad \therefore \quad 30I_1+10I_3=11 \qquad (3)$$

式(3)に式(1)を代入して，

$$30I_1+10I_3=30I_1+10(I_1+I_2)=40I_1+10I_2=11 \qquad (4)$$

式(2)－式(4)×2から，

$$\begin{array}{rl} & 30I_1-20I_2=0 \\ +) & 80I_1+20I_2=22 \\ \hline & 110I_1 \qquad\quad =22 \end{array}$$

$$\therefore \quad I_1=\frac{22}{110}=\mathbf{0.2}\ \text{〔A〕} \qquad (5)$$

式(5)に式(2)を代入して，

$$30\times0.2-20I_2=0 \qquad \therefore \quad I_2=\frac{6}{20}=\mathbf{0.3}\ \text{〔A〕} \qquad (6)$$

式(5)と式(6)を式(1)に代入して，

$$I_3=I_1+I_2=0.2+0.3=\mathbf{0.5}\ \text{〔A〕}$$

別解

$$\begin{cases} 40I_1+10I_2=11 \\ 30I_1-20I_2=0 \end{cases}$$

の二元１次連立方程式を行列式によって解けば，

$$I_1=\frac{\begin{vmatrix} 11 & 10 \\ 0 & -20 \end{vmatrix}}{\varDelta}=\frac{-220}{-1\,100}=\mathbf{0.2}\ \text{〔A〕}$$

$$I_2=\frac{\begin{vmatrix} 40 & 11 \\ 30 & 0 \end{vmatrix}}{\varDelta}=\frac{-330}{-1\,100}=\mathbf{0.3}\ \text{〔A〕}$$

$$\varDelta=\begin{vmatrix} 40 & 10 \\ 30 & -20 \end{vmatrix}=-800-300=-1\,100$$

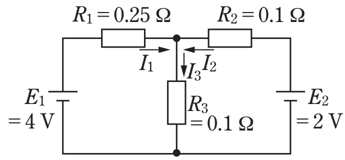
$$I_3=I_1+I_2=0.2+0.3=\mathbf{0.5}\ \text{〔A〕}$$

問13　解図４から，次式を得る。

$$I_3=I_1+I_2 \qquad (1)$$

$$0.25I_1+0.1I_3=4 \qquad (2)$$

$$0.1I_2+0.1I_3=2 \qquad (3)$$



解図 4

式(2)に式(1)を代入して，

$$0.25I_1+0.1(I_1+I_2)=4$$

$$\therefore\quad 0.35I_1+0.1I_2=4 \qquad (4)$$

式(3)に式(1)を代入して，

$$0.1I_2+0.1(I_1+I_2)=2 \qquad \therefore\quad 0.1I_1+0.2I_2=2 \qquad (5)$$

式(4)×2 と式(5)から，

$$\begin{array}{rl} & 0.7I_1+0.2I_2=8 \\ -) & 0.1I_1+0.2I_2=2 \\ \hline & 0.6I_1 \qquad\quad =6 \end{array}$$

$$\therefore\quad I_1=\frac{6}{0.6}=\mathbf{10}\ [\mathrm{A}] \qquad (6)$$

式(6)を式(5)に代入して，

$$0.1\times10+0.2I_2=2 \qquad \therefore\quad I_2=\frac{1}{0.2}=\mathbf{5}\ [\mathrm{A}] \qquad (7)$$

式(1)から，

$$I_3=I_1+I_2=10+5=\mathbf{15}\ [\mathrm{A}]$$

別解

$$\begin{cases} 0.35I_1+0.1I_2=4 & (1) \\ 0.1I_1+0.2I_2=2 & (2) \end{cases}$$

の二元 1 次連立方程式を行列式によって解けば，

$$I_1=\frac{\begin{vmatrix} 4 & 0.1 \\ 2 & 0.2 \end{vmatrix}}{\varDelta}=\frac{0.8-0.2}{0.06}=\mathbf{10}\ [\mathrm{A}] \quad I_2=\frac{\begin{vmatrix} 0.35 & 4 \\ 0.1 & 2 \end{vmatrix}}{\varDelta}=\frac{0.7-0.4}{0.06}=\mathbf{5}\ [\mathrm{A}]$$

$$\varDelta=\begin{vmatrix} 0.35 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 \end{vmatrix}=0.07-0.01=0.06$$

$$I_3=I_1+I_2=10+5=\mathbf{15}\ [\mathrm{A}]$$

問14　ブリッジの平衡条件から，

$$10\times100=400\times\frac{6X}{X+6}$$

$$\therefore\quad 1\,400X=6\,000$$

$$\therefore\quad X=\frac{6\,000}{1\,400}=4.286\fallingdotseq\mathbf{4.3}\ [\Omega]$$

問15　式(1・25)から，

$$2=\frac{12\times8}{12\times0.15+R}$$

$$\therefore\quad R=\frac{12\times8-2\times12\times0.15}{2}=\mathbf{46.2}\ [\Omega]$$

1・2　消費電力と発生熱量

問 1　式(1・32)から，

$$P=RI^2=20\times5^2=\mathbf{500}\ [\mathrm{W}]$$

問 2　式(1・32)から，

$$R=\frac{V^2}{P}=\frac{100^2}{80}=\mathbf{125}\ [\Omega]$$

また，式(1・32)から，

$$I=\frac{P}{V}=\frac{80}{100}=\mathbf{0.8}\ [\mathrm{A}]$$

問 3　式(1・33)から，

$$W=VIt=100\times0.2\times10\times\frac{1}{60}\fallingdotseq\mathbf{3.3}\ [\mathrm{W\cdot h}]$$

問 4　式(1・33)，式(1・32)から，

$$W=Pt=\frac{V^2}{R}\times t=\frac{100^2}{25}\times5\times60\times60=\mathbf{7\,200\,000}\ [\mathrm{J}]=\mathbf{7.2\times10^6}\ [\mathrm{J}]$$

$$W=\frac{100^2}{25}\times5=\mathbf{2\,000}\ [\mathrm{W\cdot h}]$$

$$W=\frac{100^2}{25}\times5\times10^{-3}=\mathbf{2}\ [\mathrm{kW\cdot h}]$$

問 5　120 Ω の抵抗線 6 本を並列にした合成抵抗 R〔Ω〕は，

$$R=\frac{1}{\frac{6}{120}}=20\ 〔\Omega〕$$

したがって，電気量 W〔J〕は，

$$W=\frac{V^2}{R}\times t=\frac{100^2}{20}\times 2\times 60\times 60=\mathbf{3\,600\,000}\ 〔\mathbf{J}〕=\mathbf{3.6\times 10^6}\ 〔\mathbf{J}〕$$

問 6　必要な時間を t〔分〕とすれば，

$$発生熱量=0.5\times\frac{t}{60}\times 860\ 〔\mathrm{kcal}〕 \tag{1}$$

$$有効熱量=0.5\times\frac{t}{60}\times 860\times 0.8\ 〔\mathrm{kcal}〕 \tag{2}$$

$$水の得た熱量=2(80-20)\ 〔\mathrm{kcal}〕 \tag{3}$$

式(2)＝式(3)でなければならないから，

$$0.5\times\frac{t}{60}\times 860\times 0.8=2(80-20)$$

$$\therefore\quad t=\frac{2(80-20)\times 60}{0.5\times 860\times 0.8}=\mathbf{21}\ 〔\mathbf{分}〕$$

1·4　電気の各種作用

問 1　表 1·5 から，鉄の熱起電力 e_A は $+1.98\,\mathrm{mV}$，コンスタンタンの熱起電力 e_B は，$-3.51\,\mathrm{mV}$ であるから，この二つを組み合わせた熱起電力の大きさ e_{AB}〔mV〕は，

$$e_{AB}=e_A-e_B$$
$$=(+1.98)-(-3.51)=\mathbf{5.49}\ 〔\mathbf{mV}〕$$

起電力の方向は，**低温接点 0°C において，鉄からコンスタンタンのほうに向かう。**

問 2　銀の電気化学当量 K は，表 1·7 から，$K=1.1180\times 10^{-3}$〔g/C〕であるから，

$$20=1.1180\times 10^{-3}\times I\times 1\times 60\times 60$$

$$\therefore\quad I=\frac{20}{1.1180\times 10^{-3}\times 60\times 60}=4.969\fallingdotseq\mathbf{5}\ 〔\mathbf{A}〕$$

復習問題

基本問題

1. 式(1･1)から,

$$I=\frac{Q}{t}=\frac{27}{3}=\mathbf{9}\ 〔\mathrm{A}〕$$

2. 式(1･1)から,

$$Q=It=3\times30\times60=\mathbf{5\,400}\ 〔\mathrm{C}〕$$

3. 式(1･2)から,

$$I=\frac{V}{R}=\frac{100}{500}=\mathbf{0.2}\ 〔\mathrm{A}〕$$

4. 式(1･3)から,

$$I=GV=3.5\times20=\mathbf{70}\ 〔\mathrm{A}〕$$

5. 式(1･2)から,

$$V=RI=20\times10^{3}\times2\times10^{-3}=\mathbf{40}\ 〔\mathrm{V}〕$$

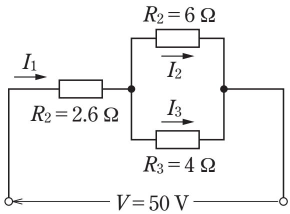
6. 解図5において, R_2 と R_3 が並列で, それに R_1 が直列にそう入されているので, 合成抵抗 R〔Ω〕は,

$$R=R_1+\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}=2.6+\frac{6\times4}{6+4}$$

$$=2.6+2.4=5\ 〔\Omega〕$$

したがって, R_1 に流れる電流 I_1〔A〕は,

$$I_1=\frac{V}{R}=\frac{50}{5}=\mathbf{10}\ 〔\mathrm{A}〕$$



解図 5

また, R_2 に流れる電流 I_2〔A〕および R_3 に流れる電流 I_3〔A〕は,

$$I_2=I_1\times\frac{R_3}{R_2+R_3}=10\times\frac{4}{6+4}=\mathbf{4}\ 〔\mathrm{A}〕$$

$$I_3=I_1\times\frac{R_2}{R_2+R_3}=10\times\frac{6}{6+4}=\mathbf{6}\ 〔\mathrm{A}〕$$

7. 回路に流れる電流 I〔A〕は, 式(1･15)から,

$$I=\frac{24}{0.4+0.2\times2+4}=\frac{24}{4.8}=5\ 〔\mathrm{A}〕$$

したがって, ab 間の端子電圧 V〔V〕は, 式(1･17)から,

$V = 24 - 0.4 \times 5 = \mathbf{22}$ 〔**V**〕

cd 間の端子電圧 V_{cd}〔V〕は，

$V_{cd} = 4 \times 5 = \mathbf{20}$ 〔**V**〕

8. 図 1·62 より，

(1) $R = \dfrac{R_1 R_2}{R_3} = \dfrac{4 \times 4}{2} = \mathbf{8}$ 〔**kΩ**〕

(2) $R_{ab} = \dfrac{(R+R_2)(R_1+R_3)}{(R+R_2)+(R_1+R_3)} = \dfrac{12 \times 6}{12+6} = \dfrac{72}{18} = \mathbf{4}$ 〔**kΩ**〕

(3) 抵抗 R を流れる電流 I_1〔A〕は，

$$I_1 = 15 \times 10^{-3} \times \frac{R_1}{R+R_1} = 15 \times 10^{-3} \times \frac{4}{8+4} = \mathbf{5 \times 10^{-3}} \text{〔\textbf{A}〕}$$

抵抗 R 中で消費される電力 P〔W〕は，

$$P = RI_1^2 = 8 \times 10^3 \times (5 \times 10^{-3})^2 = 8 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-6}$$
$$= 200 \times 10^{-3} = \mathbf{0.2} \text{〔\textbf{W}〕}$$

9. 1 μΩ$=10^{-6}$Ω，1cm$=10^{-2}$m であるから，

$1.12\,\mu\Omega\cdot\text{cm} = 1.12 \times 10^{-6} \times 10^{-2} = \mathbf{1.12 \times 10^{-8}}$ 〔**Ω·m**〕

10. 硬アルミニウム線の抵抗率 ρ〔Ω·m〕は，

$$\rho = \frac{1.7241 \times 10^{-8}}{0.61} = \mathbf{2.8264 \times 10^{-8}} \text{〔\textbf{Ω·m}〕}$$

11. 電熱線 1 本の抵抗 R〔Ω〕は，式 (1·32) から，

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{500} = 20 \text{〔Ω〕}$$

この抵抗を直列にして，同一電圧 $V=100$〔V〕を加えた場合の電力 P_1〔W〕は，

$$P_1 = \frac{V^2}{R+R} = \frac{100^2}{20+20} = \mathbf{250} \text{〔\textbf{W}〕}$$

また，並列にした場合の電力 P_2〔W〕は，

$$P_2 = \frac{V^2}{\dfrac{R \times R}{R+R}} = \frac{100^2}{\dfrac{20 \times 20}{20+20}} = \frac{100^2}{10} = \mathbf{1\,000} \text{〔\textbf{W}〕}$$

発 展 問 題

1. $R = 30 + 46 + \dfrac{60 \times 40}{60+40} = 76 + 24 = 100$〔Ω〕

$$\therefore \quad I=\frac{V}{R}=\frac{200}{100}=2\,[\mathrm{A}]$$

したがって，40 Ω の電流 I_1〔A〕は，

$$I_1=I\times\frac{60}{60+40}=2\times0.6\ =\mathbf{1.2}\ [\mathbf{A}]$$

2. 題意により，式 (1･17) から，次式を得る。

$$1.4=E-r\times2 \qquad (1)$$

$$1.1=E-r\times3 \qquad (2)$$

式(1)－式(2)から，

$$r=\mathbf{0.3}\ [\Omega] \qquad (3)$$

式(3)を式(1)に代入して，

$$1.4=E-0.3\times2$$

$$\therefore \quad E=1.4+0.6=\mathbf{2}\ [\mathbf{V}]$$

3. 起電力 $E=2$〔V〕の等しい電池 6 個を直列にした場合の合成起電力 E_0〔V〕は，

$$E_0=6E=6\times2=12\ [\mathrm{V}]$$

また，その内部抵抗 r'〔Ω〕は，電池 1 個の内部抵抗 r〔Ω〕の 6 倍になり，

$$r'=6r\ [\Omega]$$

となる。

したがって，この E_0，r' の電池を 5 個並列にした場合には，式 (1･27) から，

$$I=\frac{E_0}{\dfrac{r'}{5}+R}=\frac{6E}{\dfrac{6r}{5}+R}$$

となる。上式に数値を代入すると，

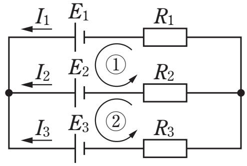
$$1.5=\frac{6\times2}{\dfrac{6r}{5}+7.82}$$

$$\therefore \quad 1.5\times\left(\frac{6r}{5}+7.82\right)=6\times2 \qquad \therefore \quad r=\mathbf{0.15}\ [\Omega]$$

4. R_1，R_2，R_3 に流れる電流を I_1，I_2，I_3〔A〕とし，流れる方向を解図 6 のように定めれば，キルヒホッフの第 1 法則によって，

$$I_1+I_2+I_3=0 \qquad (1)$$

次に，網目①，②にキルヒホッフの第 2 法則をあては



解図 6

めると，

$$R_1I_1-R_2I_2=E_1-E_2 \qquad \therefore \quad 10I_1-2I_2=6-4=2 \tag{2}$$

$$R_2I_2-R_3I_3=E_2-E_3 \qquad \therefore \quad 2I_2-5I_3=4-2=2 \tag{3}$$

式(3)に式(1)を代入すると，

$$2I_2+5(I_1+I_2)=2 \qquad \therefore \quad 5I_1+7I_2=2 \tag{4}$$

式(4)×2－式(2)から，

$$\begin{array}{rr} & 10I_1+14I_2=4 \\ -) & 10I_1-\ \ 2I_2=2 \\ \hline & 16I_2=2 \end{array}$$

$$\therefore \quad I_2=\frac{2}{16}=\mathbf{0.125}\ [\mathrm{A}] \qquad (R_2 \text{ に流れる電流}) \tag{5}$$

式(5)を式(2)に代入して，

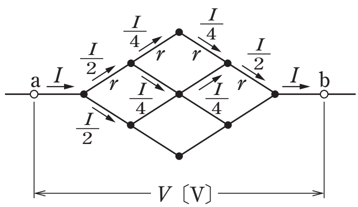
$$10I_1-2\times 0.125=2$$

$$\therefore \quad I_1=\frac{2+2\times 0.125}{10}=\frac{2.25}{10}=\mathbf{0.225}\ [\mathrm{A}] \qquad (R_1 \text{ に流れる電流}) \tag{6}$$

式(5)，式(6)を式(1)に代入して，

$$I_3=-(I_1+I_2)=-(0.225+0.125)=-\mathbf{0.35}\ [\mathrm{A}] \qquad (R_3 \text{ に流れる電流})$$

5. 各抵抗は等しいから対称的になり，ab 間に V〔V〕の電圧を加えたとき全電流 I〔A〕は，解図 7 のように分流するから，



解図 7

$$r\times\frac{I}{2}+2r\times\frac{I}{4}+r\times\frac{I}{2}=V$$

$$\therefore \quad I\left(\frac{r}{2}+\frac{r}{2}+\frac{r}{2}\right)=V$$

$$\therefore \quad \text{全抵抗} \quad R=\frac{V}{I}=\boldsymbol{\frac{3}{2}r}\ [\Omega]$$

6. 100 V 時の消費電力 P〔W〕は，

$$P=\frac{V^2}{R} \tag{1}$$

105 V 時の消費電力 P'〔W〕は，

$$P'=\frac{(1.05\ V)^2}{R} \tag{2}$$

式(1)，(2)より，

$$P'=1.05^2\times P=1.05^2\times 500=551.25=\mathbf{551}\ [\mathrm{W}]$$

7. 100 V，100 W 電球の抵抗　$R_1=\dfrac{V^2}{P_1}=\dfrac{100^2}{100}=100\ [\Omega]$

100 V，200 W 電球の抵抗　$R_2=\dfrac{V^2}{P_2}=\dfrac{100^2}{200}=50\ [\Omega]$

100 V，200 W の電球を直列にして，これに 90V の電圧を加えたときの，各電球の電力を P_1'，P_2'〔W〕とすれば，

$$P_1'=R_1I^2=R_1\times\left(\frac{V_0}{R_1+R_2}\right)^2=100\times\left(\frac{90}{100+50}\right)^2=\mathbf{36}\ [\mathrm{W}]$$

$$P_2'=R_2I^2=R_2\times\left(\frac{V_0}{R_1+R_2}\right)^2=50\times\left(\frac{90}{100+50}\right)^2=\mathbf{18}\ [\mathrm{W}]$$

8. 式 (1･38) から，

$$R=\rho\times\frac{l}{S}=\rho\times\frac{l}{\dfrac{\pi}{4}D^2}$$

$$\therefore\quad l=\frac{R\times\pi D^2}{4\rho}=\frac{20\times\pi\times(0.5\times10^{-3})^2}{4\times108\times10^{-6}\times10^{-2}}=\mathbf{3.63}\ [\mathrm{m}]$$

9. 温度が 75 ℃ の時の抵抗 R_T〔Ω〕，温度係数 α_T は，式 (1･44) および式 (1･46) から，

$$R_T=R_t\{1+\alpha_t(T-t)\}=10\{1+0.00393(75-20)\}=\mathbf{12.16}\ [\Omega]$$

$$\alpha_T=\frac{r}{R_T}=\frac{\alpha_t\cdot R_t}{R_T}=\frac{0.00393\times10}{12.16}=0.003232=\mathbf{0.00323}$$

温度が 0 ℃ の時の抵抗 R_0〔Ω〕，温度係数 α_0 は，同様に，

$$R_0=R_t\{1+\alpha_t(0-t)\}=10(1-0.00393\times20)=\mathbf{9.214}\ [\Omega]$$

$$\alpha_0=\frac{r}{R_0}=\frac{\alpha_t\cdot R_t}{R_0}=\frac{0.00393\times10}{9.214}=0.0042\overset{7}{65}=\mathbf{0.00427}$$

10. 0 ℃ の銅の温度係数 α_0 を $\alpha_0=0.00427\fallingdotseq\dfrac{1}{234.5}$ とすると，t〔℃〕のときの温度係数 α_t は，式 (1･46) から，

$$\alpha_t=\frac{\alpha_0}{1+\alpha_0 t}=\frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_0}+t}=\frac{1}{234.5+t}$$

したがって，温度上昇 $(T-t)$〔℃〕は，式 (1･47) から，

$$T-t=\frac{R_T-R_t}{\alpha_tR_t}=\frac{0.72-0.64}{\dfrac{1}{234.5+20}\times0.64}=\mathbf{31.8}\ [\mathrm{C}]$$

また，巻線の温度 T〔℃〕は，

$T = 31.8 + t = 31.8 + 20 = \mathbf{51.8}$ 〔℃〕

11. 式 (1･35) から，

$$入力 = \frac{出力}{効率} = \frac{3.7}{0.85} = \mathbf{4.35} 〔\mathrm{kW}〕$$

$$損失 = 入力 - 効率 \times 入力 = 入力(1-効率) = 4.35(1-0.85) = \mathbf{0.653} 〔\mathrm{kW}〕$$

チャレンジ問題

1. R_1 および R_2 が直列に接続されたとき，

$$R_1 + R_2 = 25 \qquad (1)$$

R_1 および R_2 が並列に接続されたとき，

$$\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6 \qquad (2)$$

式(1)より，

$$R_1 = 25 - R_2 \qquad (3)$$

式(3)を式(2)に代入すれば，

$$R_2^2 - 25R_2 + 150 = 0$$

となるから，この式を因数分解して R_2 の根を求めると，

$$(R_2 - 10)(R_2 - 15) = 0$$

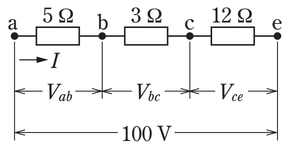
よって，$R_2 = 10$ あるいは $R_2 = 15$ となるから，それぞれ式(1)に代入すると，$R_1 = 15$ あるいは $R_1 = 10$ となる値を得る。

したがって，**$R_1 = 15$〔Ω〕のとき $R_2 = 10$〔Ω〕，$R_1 = 10$〔Ω〕のとき $R_2 = 15$〔Ω〕** となる。

2. ab 間の抵抗　$R_{ab} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{10} + \dfrac{1}{15} + \dfrac{1}{30}} = \mathbf{5}$ 〔Ω〕

ce 間の抵抗　$R_{ce} = \dfrac{20 \times (5+25)}{20 + (5+25)} = \dfrac{600}{50} = \mathbf{12}$ 〔Ω〕

したがって，解図 8 のような直列回路におきかえることができる。したがって，



解図 8

全電流　$I = \dfrac{100}{5+3+12} = 5$ 〔A〕

ab，ce 間の電圧を V_{ab}，V_{ce}〔V〕とすれば，

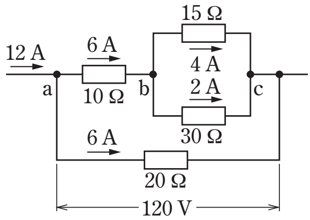
$$V_{ab} = IR_{ab} = 5 \times 5 = 25 〔\mathrm{V}〕, \qquad V_{ce} = IR_{ce} = 5 \times 12 = 60 〔\mathrm{V}〕$$

したがって，10 Ω の電流 I_1〔A〕および 20 Ω の電流 I_2〔A〕は，

$$I_1=\frac{V_{ab}}{10}=\frac{25}{10}=\mathbf{2.5}\ \text{〔A〕}\qquad I_2=\frac{V_{ce}}{20}=\frac{60}{20}=\mathbf{3}\ \text{〔A〕}$$

3.　解図 9 の各部の電流を求めると，

$$20\,\Omega\text{ の電流}=\frac{120}{20}=\mathbf{6}\ \text{〔A〕}\qquad (1)$$



解図 9

次に，10 Ω の電流を求めるために，bc 間の合成抵抗 R_{bc}〔Ω〕を求めると，

$$R_{bc}=\frac{15\times30}{15+30}=\frac{450}{45}=10\ \text{〔Ω〕}\qquad (2)$$

したがって，上側の ac 間の抵抗 R_{ac}〔Ω〕は，

$$R_{ac}=10+R_{bc}=10+10=20\ \text{〔Ω〕}$$

$$\therefore\quad \left.\begin{aligned}&10\,\Omega\text{ の電流}=\frac{120}{20}=\mathbf{6}\ \text{〔A〕}\\&15\,\Omega\quad〃\quad=6\times\frac{30}{15+30}=\mathbf{4}\ \text{〔A〕}\\&30\,\Omega\quad〃\quad=6-4=\mathbf{2}\ \text{〔A〕}\end{aligned}\right\}\qquad (3)$$

$$\text{全電流}=6+6=12\ \text{〔A〕}$$

$$\text{合成抵抗}=\frac{120}{12}=\mathbf{10}\ \text{〔Ω〕}$$

4.　S を閉じない前の合成抵抗は，$r+r_1=3$〔Ω〕である。次に，電圧一定のままで S を閉じたとき，電流が 2 倍になるためには，合成抵抗が前の半分にならなければならないから，

$$r+\frac{r_1 r_2}{r_1+r_2}=\frac{3}{2}$$

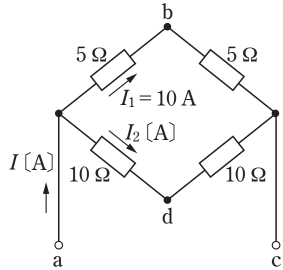
これより，

$$1+\frac{2r_2}{2+r_2}=\frac{3}{2}\qquad\therefore\quad r_2=\frac{2}{3}\fallingdotseq\mathbf{0.67}\ \text{〔Ω〕}$$

5.　図 1･70 の回路はブリッジ回路である。しかも，題意より，

$$\text{抵抗 }\overline{\text{ab}}\times\overline{\text{dc}}=\overline{\text{bc}}\times\overline{\text{ad}}$$

であるから，b 点と d 点は同電位となり，$\overline{\text{bd}}$ 間には電流が流れない。したがって，解図 10 のように書き換えることができる。



解図 10

(a)　合成抵抗 R〔Ω〕は，

$$R=\frac{(10+10)(5+5)}{(10+10)+(5+5)}=\frac{20\times10}{30}=\frac{200}{30}=\mathbf{6.67}\ 〔\Omega〕$$

(b)　電源の電圧 (ac 間の電圧) V〔V〕は，

$$V=(5+5)I_1=10\times10=\mathbf{100}\ 〔\mathbf{V}〕$$

また，枝路 ad 間の電流 I_2〔A〕は，

$$I_2=\frac{100}{10+10}=\mathbf{5}\ 〔\mathbf{A}〕$$

ゆえに，電源の電流 I〔A〕は，

$$I=I_1+I_2=10+5=\mathbf{15}\ 〔\mathbf{A}〕$$

6.　図 1･71 から，検流計の抵抗を R_G，電池の起電力を E とすれば，

(a)　K を開いたとき，Ⓖ の振れ α はⒼ に流れる電流 I に比例する。この比例定数を k とすれば，

$$I=k\alpha=\frac{E}{(R_1+R_G)} \qquad (1)$$

(b)　次に，K を閉じたとき，全電流 I_0 は，

$$I_0=\frac{E}{\left(R_2+\dfrac{SR_G}{S+R_G}\right)}$$

となり，Ⓖ は同じく α の振れを示したのだから，Ⓖ に流れる電流も I である。

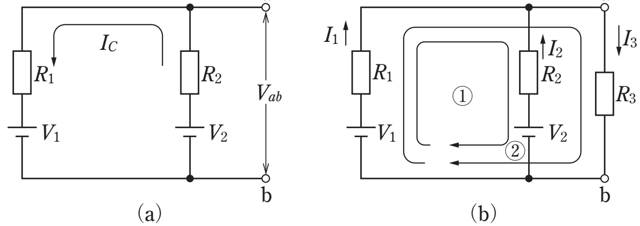
ゆえに，

$$I=k\alpha=\frac{E}{R_2+\dfrac{SR_G}{S+R_G}}\times\frac{S}{S+R_G}=\frac{E}{\dfrac{R_2(S+R_G)}{S}+R_G} \qquad (2)$$

題意より，式(1)＝式(2)であるから，

$$R_1=R_2\left(\frac{S+R_G}{S}\right) \qquad \therefore\quad \boldsymbol{R_G=\frac{R_1-R_2}{R_2}\cdot S}\ 〔\Omega〕$$

7.　(1)　負荷抵抗 R_3 が接続されていないとき，回路に流れる電流 I_C を，解図 11 (a)



解図 11

のように定めれば，

$$I_C=\frac{V_2-V_1}{R_1+R_2}=\frac{120-110}{1+2}=\frac{10}{3}\ \text{〔A〕}$$

次に，ab 端子間電圧を V_{ab} とすれば，

$$V_{ab}=V_2-V_{R_2}=V_2-R_2I_C=120-2\times\frac{10}{3}=120-6.66=\mathbf{113.3}\ \text{〔V〕}$$

(2) 負荷抵抗 R_3 が接続されているとき，回路に流れる電流は解図 11 (b)のようであるとすれば，①，②の閉路にキルヒホッフの第 2 法則を適用すると，

①の閉路より，

$$V_1-V_2=R_1I_1-R_2I_2=R_1I_1-R_2(I_3-I_1)=(R_1+R_2)I_1-R_2I_3 \qquad (1)$$

②の閉路より，

$$V_1=R_1I_1+R_3I_3 \qquad (2)$$

式(2)より I を求め，その値を式(1)に代入整理して，I_3 を求めると，次式となる。

$$I_3=\frac{R_2V_1+R_1V_2}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1} \qquad (3)$$

式(3)に題意の値を代入して，

$$I_3=\frac{2\times110+1\times120}{1\times2+2\times5+5\times1}=\frac{340}{17}=20\ \text{〔A〕}$$

したがって，ab 間の電圧 V_{ab} は，

$$V_{ab}=R_3I_3=5\times20=\mathbf{100}\ \text{〔V〕}$$

8. まず，初めに20℃におけるタングステン線の抵抗値を R_{20}〔Ω〕とすれば，

$$R_{20}=\rho\cdot\frac{l}{S}=5.5\times10^{-6}\times\frac{50}{0.025^2\times\pi}=0.14\ \text{〔Ω〕}$$

次に，0 ℃のときのタングステン線の抵抗値を R_0〔Ω〕とすれば，

$$R_0=R_{20}\{1+\alpha_{20}(T-t)\}$$

題意より，$T=0$〔℃〕，$t=20$〔℃〕，$\alpha_{20}=5.3\times10^{-3}$ のそれぞれの値を代入すれば，

$$R_0=0.14\{1+5.3\times10^{-3}(-20)\}=\mathbf{0.125}\ \text{〔Ω〕}$$

9. 1 kW·h は 860 kcal に相当するから，規定の温度まで水を温めるに要する時間を T〔min〕とすると，

$$(60-10)\times10^4=8.6\times10^5\times\frac{T}{60}\times0.95$$

$$\therefore\quad T=\frac{(60-10)\times10^4\times60}{8.6\times10^5\times0.95}=\mathbf{36.7}\ \text{〔min〕}$$

10. 抵抗線の抵抗 R〔Ω〕は,

$$R=\frac{V^2}{P}=\frac{100^2}{400}=25\ 〔\Omega〕$$

次に，200 V，７時間の消費電力量を W〔kW･h〕とすれば,

$$W=P'\cdot t'=\frac{V^2}{R}\cdot t'\times 10^{-3}=\frac{(200)^2}{25}\times 7\times 10^{-3}=\frac{56}{5}=\mathbf{11.2}\ 〔\mathbf{kW\cdot h}〕$$

別解 $P=\dfrac{V^2}{R}$ より，同一抵抗線であるから，P は V^2 に比例する。したがって，$\left(\dfrac{200}{100}\right)^2=4$ となり，200 V で使えば電力は 4 倍となる。

ゆえに，７時間の消費電力量 W〔kW･h〕は,

$$W=0.4\times 4\times 7=\mathbf{11.2}\ 〔\mathbf{kW\cdot h}〕$$

11. rの回路に流れる電流を i とすれば,

$$i=i_0\times\frac{r_0}{r+r_0}$$

r で消費される電力 P は,

$$P=i^2\cdot r=\left(i_0\times\frac{r_0}{r+r_0}\right)^2\cdot r=\frac{(i_0\cdot r_0)^2\cdot r}{(r+r_0)^2}=\frac{(i_0\cdot r_0)^2\cdot r}{r^2+2\,rr_0+r_0{}^2}$$

$$=\frac{(i_0\cdot r_0)^2}{r+2r_0+\dfrac{r_0{}^2}{r}}=\frac{(i_0\cdot r_0)^2}{\left(\sqrt{r}-\dfrac{r_0}{\sqrt{r}}\right)^2+4r_0}$$

$\sqrt{r}\times\dfrac{r_0}{\sqrt{r}}=$一定のとき，$\sqrt{r}=\dfrac{r_0}{\sqrt{r}}$ で$\sqrt{r}-\dfrac{r_0}{\sqrt{r}}$ は最小の値となるから，$r=r_0$ のとき P が最大となる。このときの最大電力を P_m とすれば,

$$\boldsymbol{P_m=\frac{i_0{}^2\cdot r_0}{4}}$$