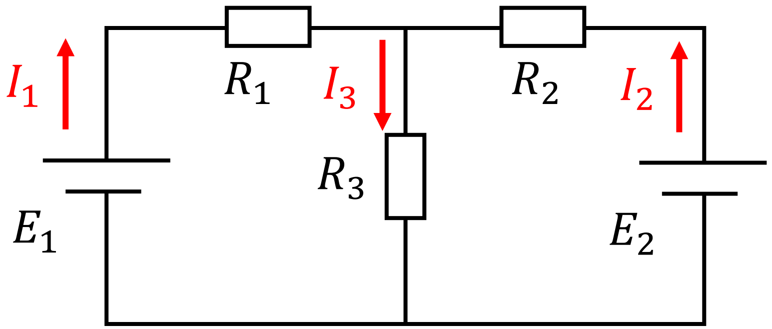
e-DEN【イーデン】 × 電験どうでしょう Let me inject Energy to you!

電験三種　オンライン講座

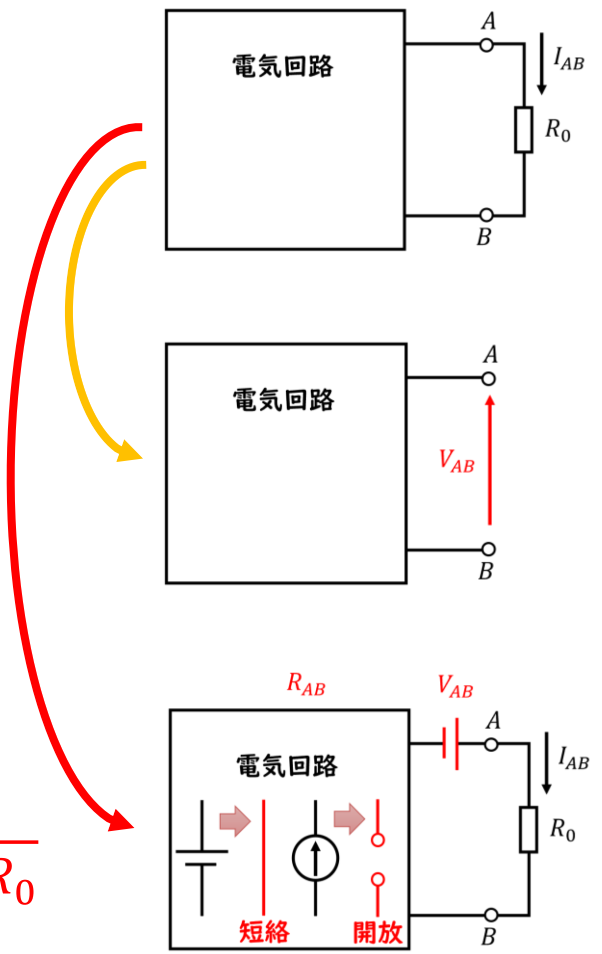
直流回路（4）
テブナンの定理

2022.10.15 Sat

複数の電源を含む場合



複数の電源を含む回路の計算を行う場合
・キルヒホッフの法則（電流則/電圧則）
・重ね合わせの理
・テブナンの定理
など を用いて計算を行う



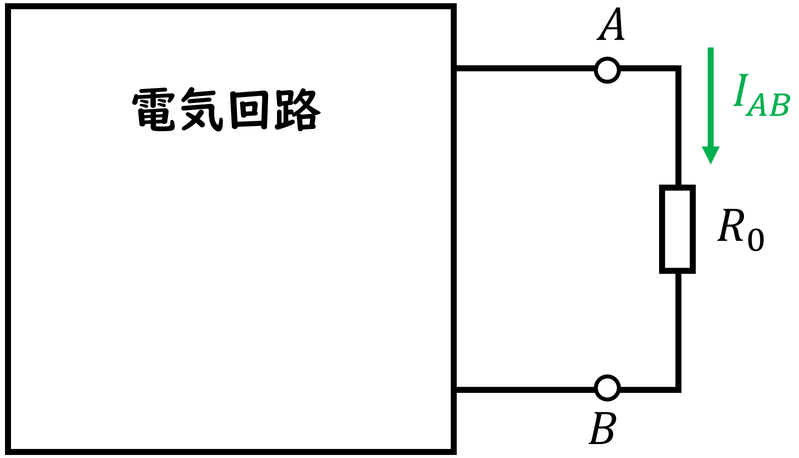
テブナンの定理

複雑な電気回路に負荷を接続したときに得られる電圧や負荷に流れる電流を、単一の内部抵抗のある電圧源に変換して求める方法

→回路中の抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を導出するために有効な計算方法

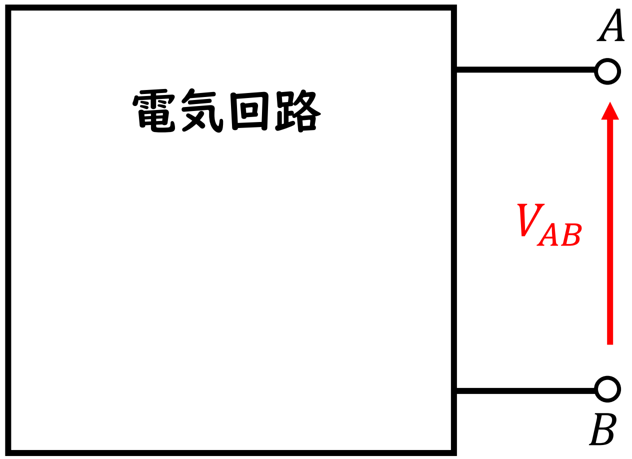
$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_0}$$

テブナンの定理（計算手順）



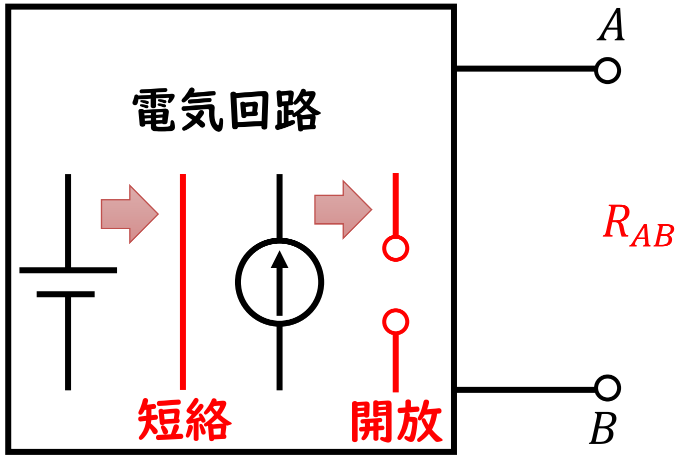
抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求める

回路（1）



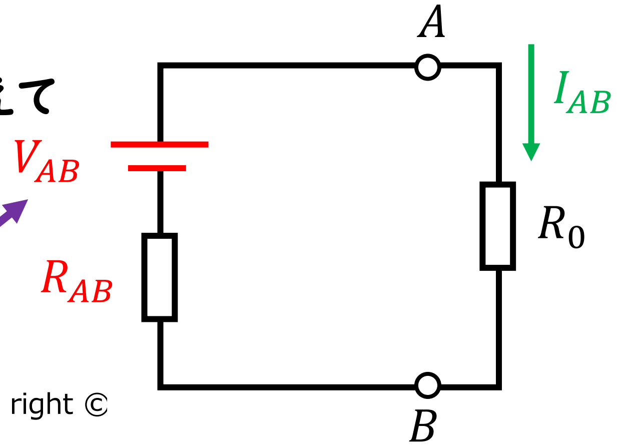
手順①
抵抗R_0を外した回路（1）の
端子間ABの電圧V_{AB}を求める

回路（2）



手順②
電圧源V_{AB}を接続し、その他の電源はなくした回路（2）より抵抗R_0の電流を求める。
（電圧源は短絡、電流源は開放）

手順③
電気回路の部分をV_{AB}とR_{AB}に置き換えて
電流I_{AB}を求める。

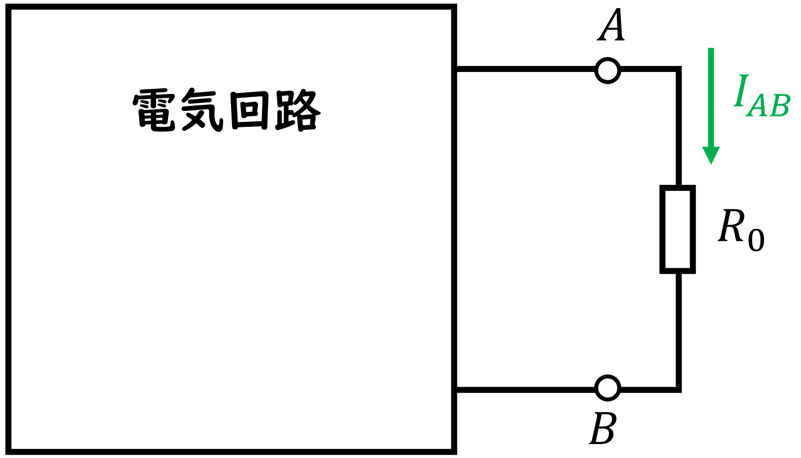


電源の向きに注意！
電圧V_{AB}により電流I_{AB}が流れる向きを
意識して電源の向きを決める

$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_0}$$

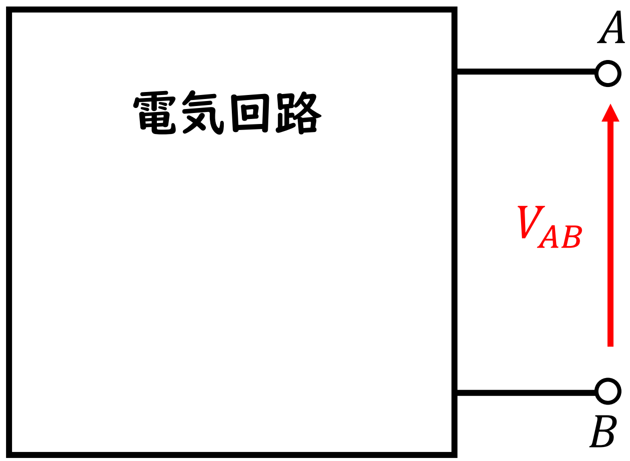
この講義の目標

テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出する
→電気回路の基礎を理解を深めるために有効である



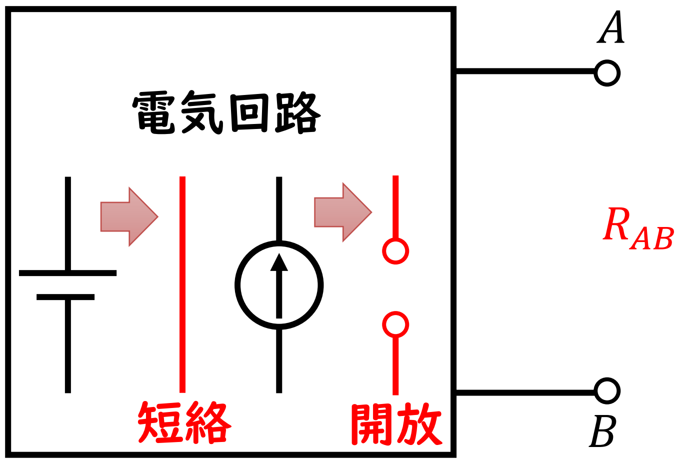
抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求める

回路（1）



手順①
抵抗R_0を外した回路（1）の
端子間ABの電圧V_{AB}を求める

回路（2）

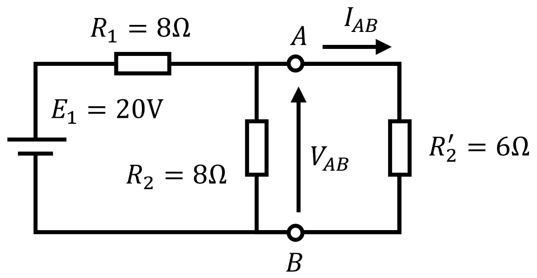


手順②
電圧源V_{AB}を接続し、その他の電源
はなくした回路（2）より抵抗R_0の
電流を求める。
（電圧源は短絡、電流源は開放）

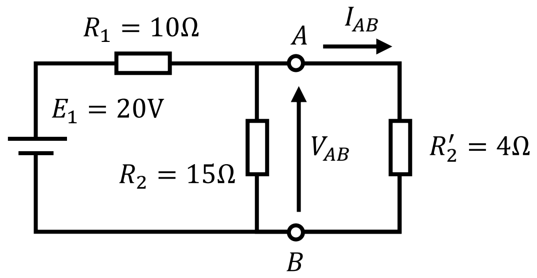
練習問題Ⅰ

テブナンの定理で必要となるV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）



（2）



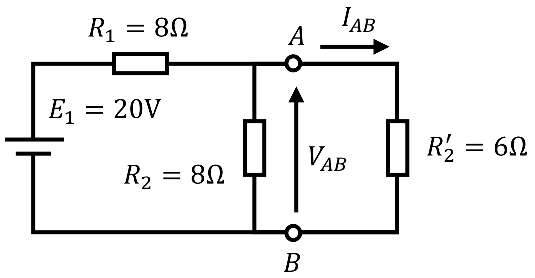
Ans.　$V_{AB} =$　　　$R_{AB} =$

Ans.　$V_{AB} =$　　　$R_{AB} =$

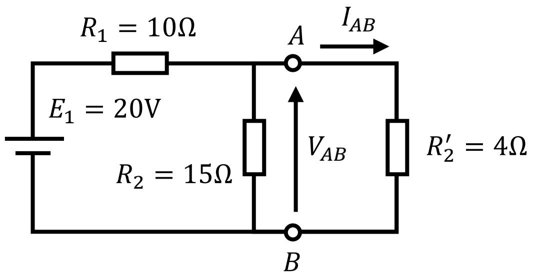
練習問題１（解説）

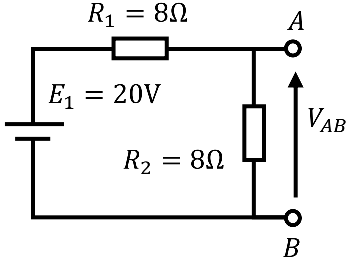
テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）

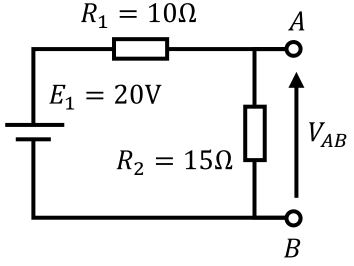


（2）

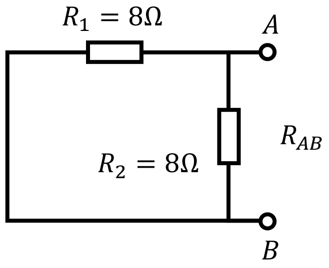




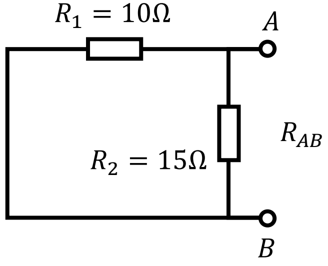
$$V_{AB} = \frac{E_1}{R_1 + R_2} \times R_2 = \frac{20}{8+8} \times 8 = 10\text{V}$$



$$V_{AB} = \frac{E_1}{R_1 + R_2} \times R_2 = \frac{20}{10+15} \times 15$$
$$= \frac{20}{25} \cdot 15 = 12\text{V}$$



$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \times 8}{8+8} = \frac{8 \times 8}{16} = 4\Omega$$



$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 15}{10+15} = \frac{150}{25} = 6\Omega$$

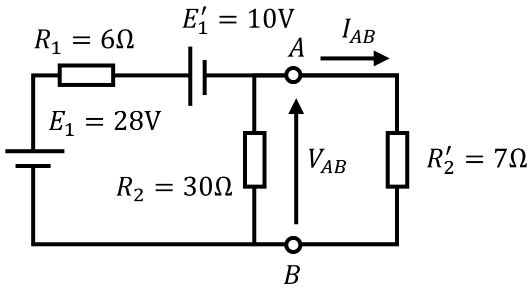
Ans.　$V_{AB} = 10\text{V}$　　$R_{AB} = 4\Omega$

Ans.　$V_{AB} = 12\text{V}$　　$R_{AB} = 6\Omega$

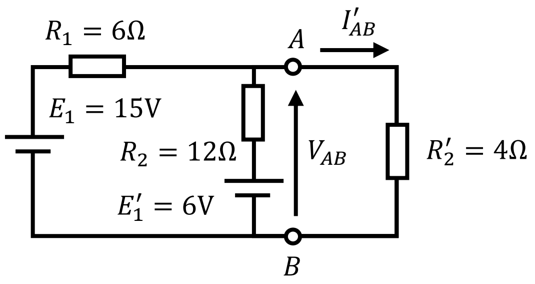
練習問題2

テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）



（2）



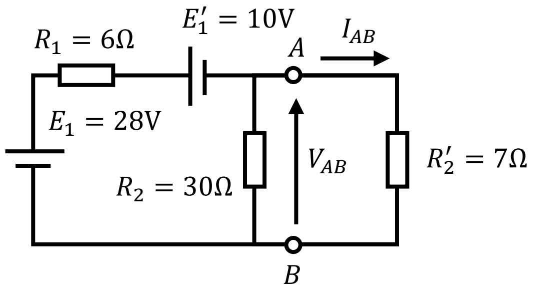
Ans.　$V_{AB} =$　　　　$R_{AB} =$

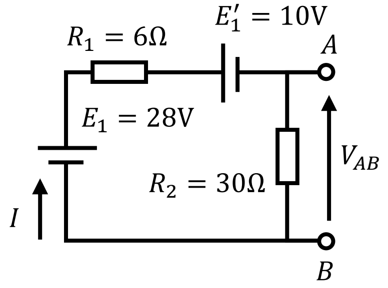
Ans.　$V_{AB} =$　　　　$R_{AB} =$

練習問題2（解説）

テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）

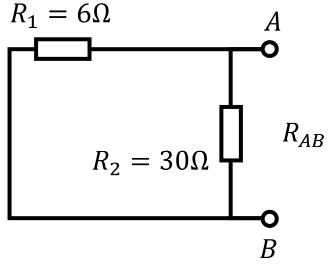




$$E_1 - E_1' = R_1 I + R_2 I$$

$$I = \frac{E_1 - E_1'}{R_1 + R_2} = \frac{28 - 10}{6 + 30} = \frac{18}{36} = \frac{1}{2}\text{A}$$

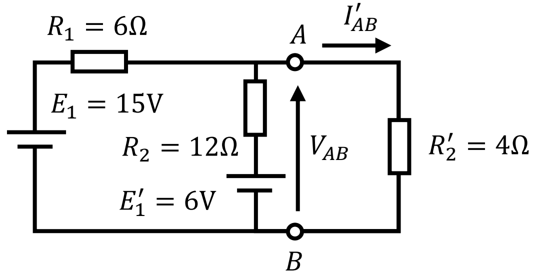
$$V_{AB} = R_2 I = 30 \cdot \frac{1}{2} = 15\text{V}$$

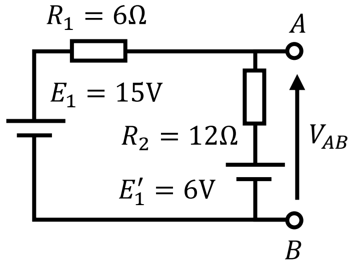


$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 30}{6 + 30} = \frac{180}{36}$$
$$= 5\Omega$$

Ans.　$V_{AB} = 15\text{V}$　　$R_{AB} = 5\Omega$

（2）

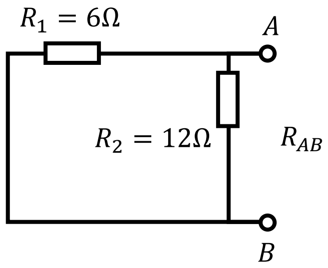




$$E_1 - E_1' = R_1 I + R_2 I$$

$$I = \frac{E_1 - E_1'}{R_1 + R_2} = \frac{15 - 6}{6 + 12} = \frac{9}{18} = \frac{1}{2}\text{A}$$

$$V_{AB} = RI + E_1' = 12 \times \frac{1}{2} + 6 = 12\text{V}$$



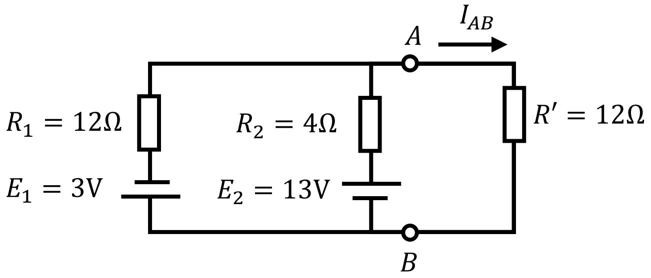
$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = \frac{6 \times 12}{18}$$
$$= 4\Omega$$

Ans.　$V_{AB} = 12\text{V}$　　$R_{AB} = 4\Omega$

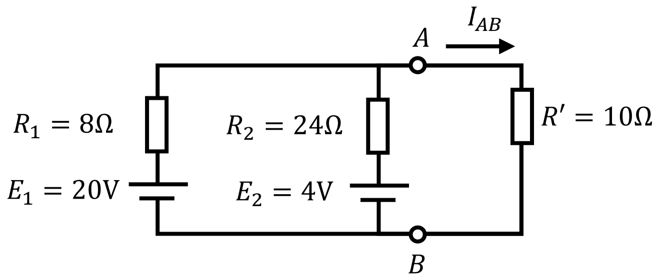
練習問題3

テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）



（2）



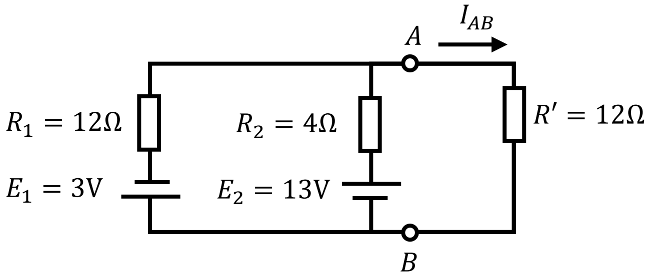
Ans.　$V_{AB} =$　　　$R_{AB} =$

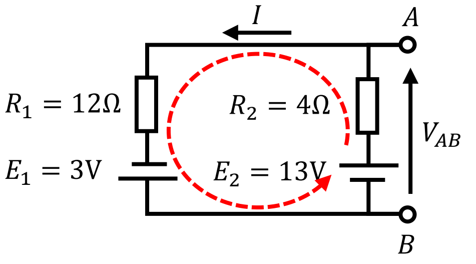
Ans.　$V_{AB} =$　　　$R_{AB} =$

練習問題3（解説）

テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）

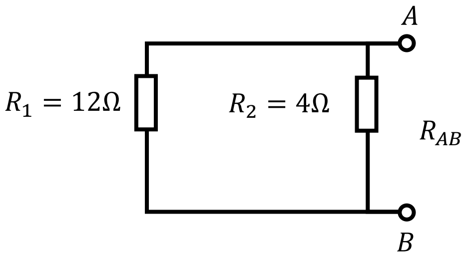




$$E_2 + E_1 = R_1 I + R_2 I$$

$$I = \frac{E_2 + E_1}{R_1 + R_2} = \frac{13+3}{12+4} = \frac{16}{16} = 1\text{A}$$

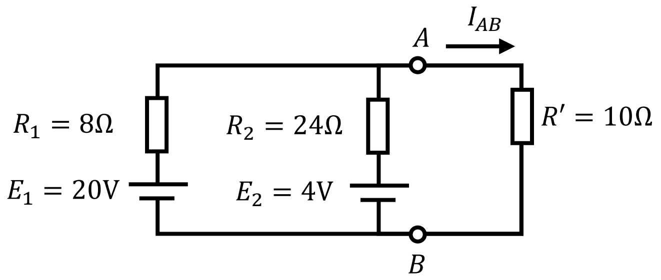
$$V_{AB} = E_2 - R_2 I = 13 - 4 \times 1 = 9\text{V}$$

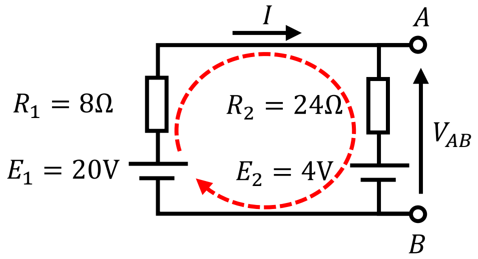


$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12 \times 4}{12+4} = \frac{12 \times 4}{16} = 3\Omega$$

Ans.　$V_{AB} = 9\text{V}$　　$R_{AB} = 3\Omega$

（2）

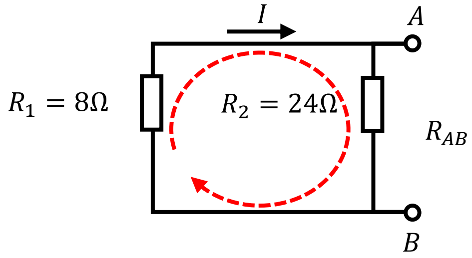




$$E_1 - E_2 = R_1 I + R_2 I$$

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{20-4}{8+24} = \frac{16}{32} = \frac{1}{2}\text{A}$$

$$V_{AB} = R_2 I + E_2 = 24 \times \frac{1}{2} + 4 = 16\text{V}$$



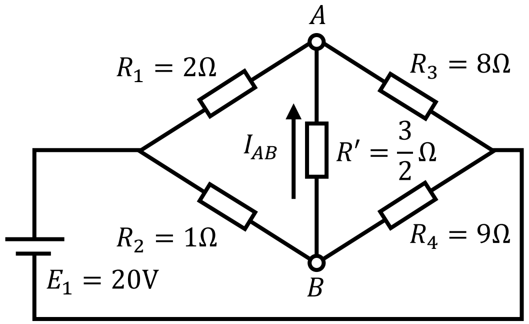
$$R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \times 24}{8+24} = \frac{8 \times 24}{32} = 6\Omega$$

Ans.　$V_{AB} = 16\text{V}$　　$R_{AB} = 6\Omega$

練習問題4

テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（１）

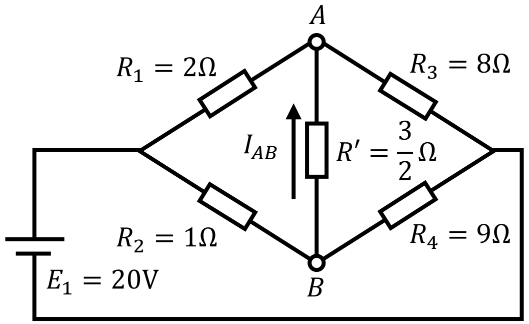


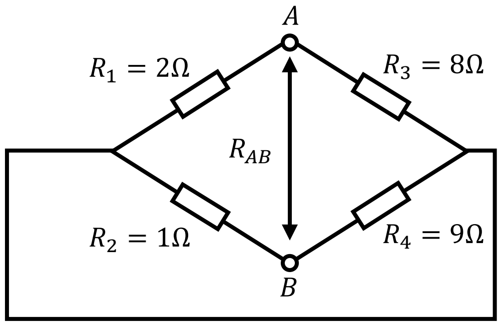
Ans.　$V_{AB} =$　　　　$R_{AB} =$

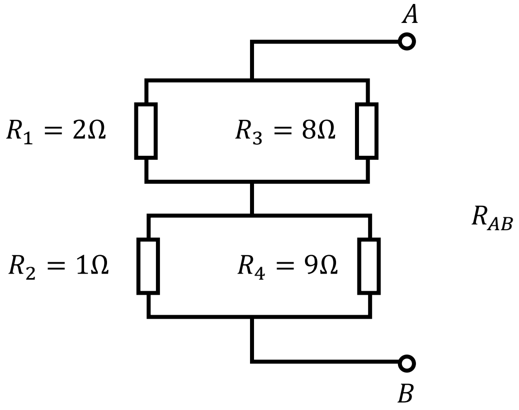
練習問題4（解説）

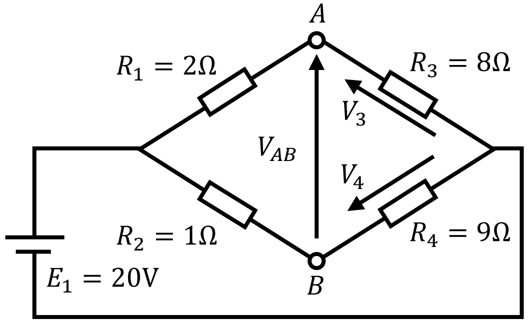
テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）









$$R_{AB} = \frac{R_1R_3}{R_1 + R_3} + \frac{R_2R_4}{R_2 + R_4} = \frac{2\times 8}{2+8} + \frac{1\times 9}{1+9} = \frac{16}{10} + \frac{9}{10} = \frac{25}{10} = \frac{5}{2}\Omega$$

$$V_3 = \frac{E_1}{R_1 + R_3}\times R_3 = \frac{20}{2+8}\times 8 = 16\text{V}$$

$$V_4 = \frac{E_1}{R_2 + R_4}\times R_4 = \frac{20}{1+9}\times 9 = 18\text{V}$$

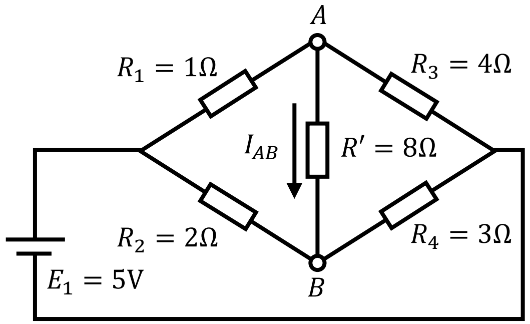
$$V_{AB} = V_3 - V_4 = 16 - 18 = -2\text{V}$$

Ans. $V_{AB} = -2\text{V}$ $R_{AB} = \frac{5}{2}\Omega$

練習問題5

テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）

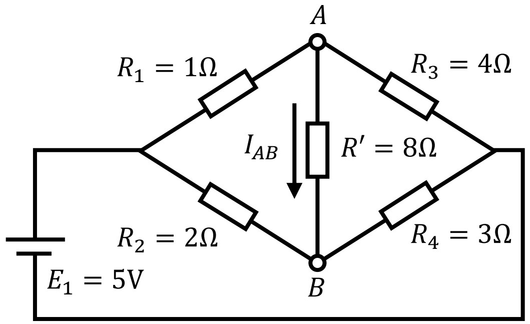


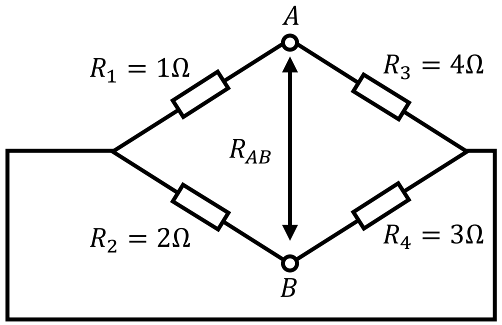
Ans.　$V_{AB} =$　　　$R_{AB} =$

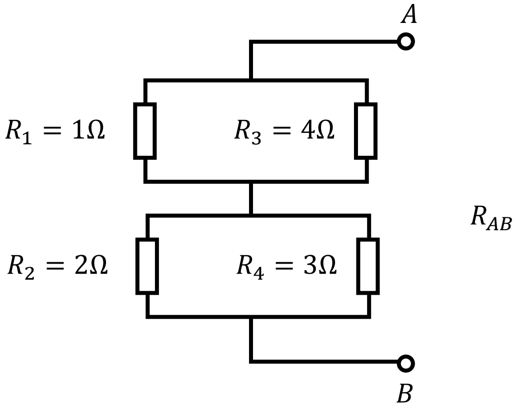
練習問題5（解説）

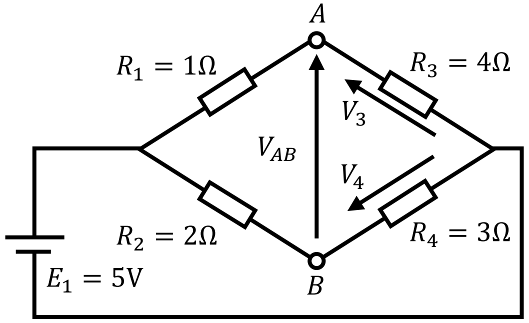
テブナンの定理で必要となるとV_{AB}をR_{AB}導出を求めよ。

（1）







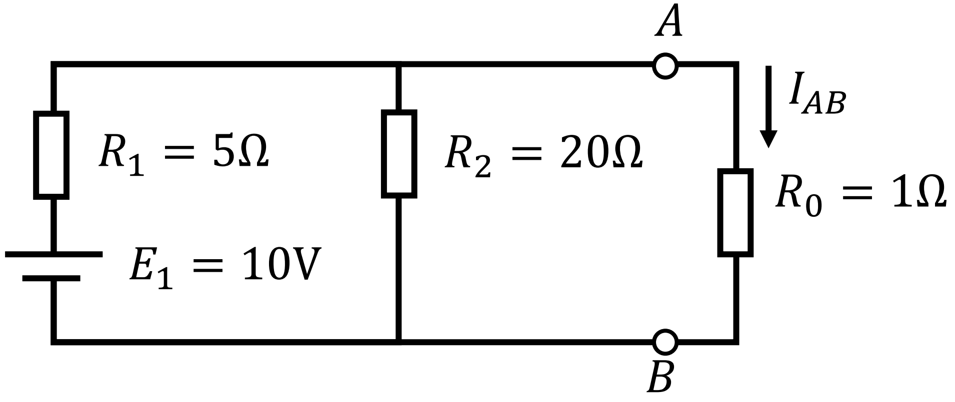


$$R_{AB} = \frac{R_1R_3}{R_1+R_3} + \frac{R_2R_4}{R_2+R_4}$$
$$= \frac{1\times 4}{1+4} + \frac{2\times 3}{2+3} = \frac{4}{5} + \frac{6}{5} = \frac{10}{5} = 2\Omega$$

$$V_3 = \frac{E_1}{R_1+R_3}\times R_3 = \frac{5}{1+4}\times 4 = 4\mathrm{V}$$
$$V_4 = \frac{E_1}{R_2+R_4}\times R_4 = \frac{5}{2+3}\times 3 = 3\mathrm{V}$$
$$V_{AB} = V_3 - V_4 = 4 - 3 = 1\mathrm{V}$$

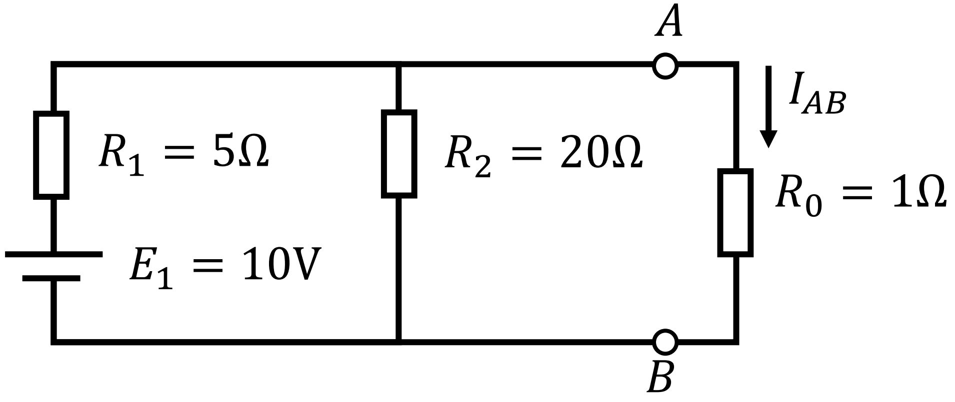
Ans. $V_{AB} = 1\mathrm{V}$ $R_{AB} = 2\Omega$

演習問題Ⅰ

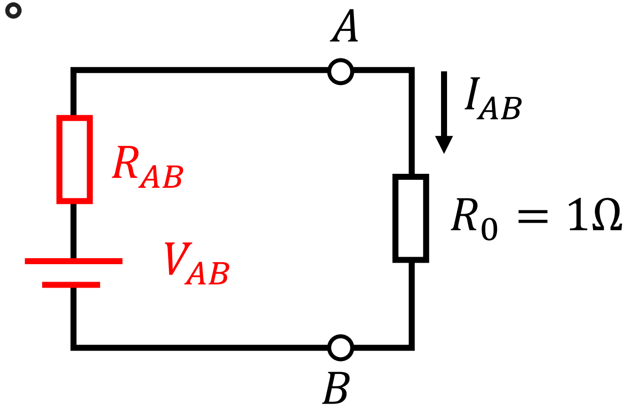


抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求めよ。

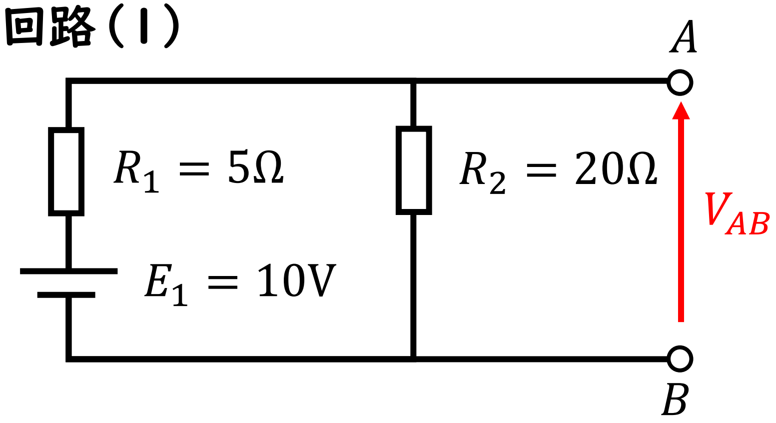
演習問題1（解答）



抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求めよ。

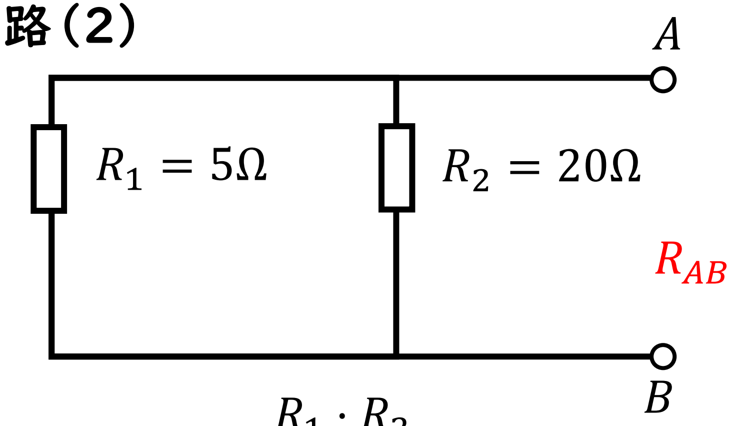


回路（1）



$$V_{AB} = \frac{E_1}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{10}{5+20} \cdot 20$$
$$= \frac{10}{25} \cdot 20 = 8\text{V}$$

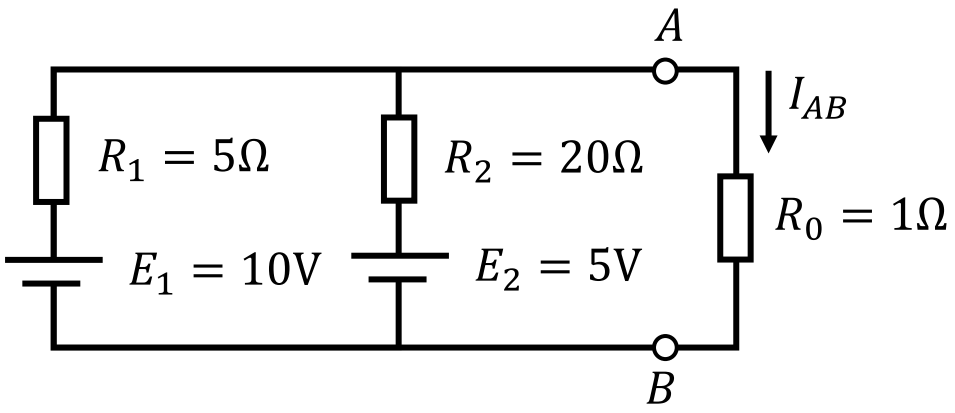
回路（2）



$$R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$
$$= \frac{5 \cdot 20}{5+20} = \frac{100}{25} = 4\Omega$$

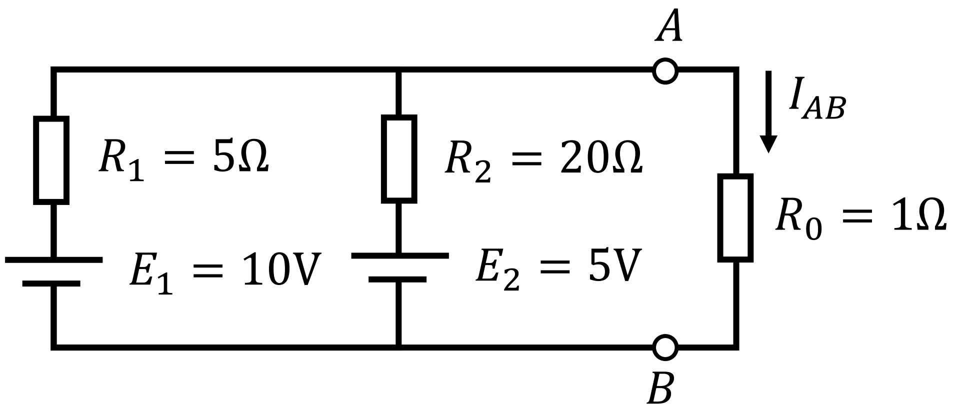
$$I_{AB} = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_0}$$
$$= \frac{8}{4+1} = \frac{8}{5}\text{A}$$

演習問題2

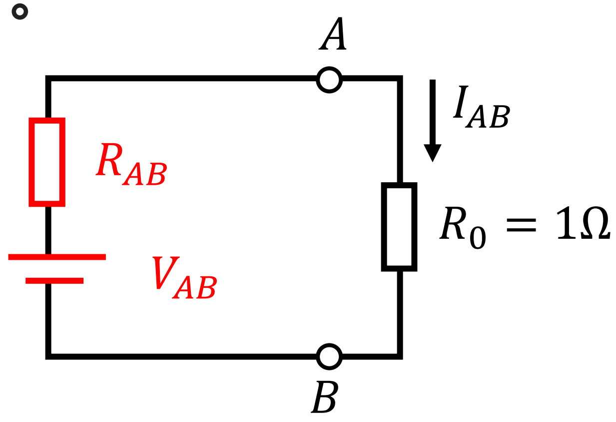


抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求めよ。

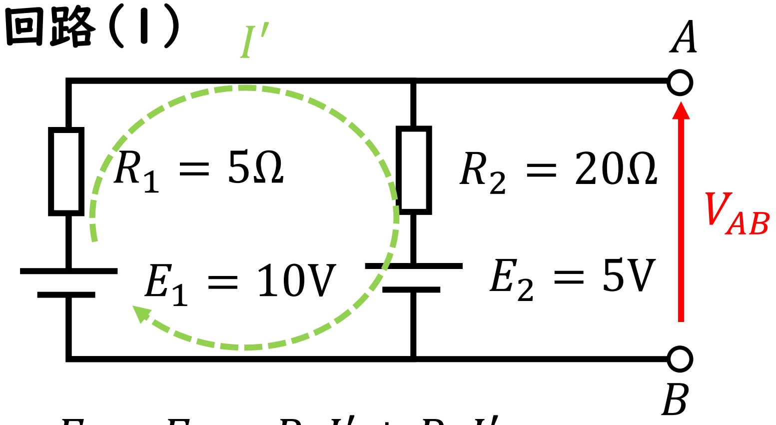
演習問題2（解答）



抵抗R_0に流れる電流I_{AB}を求めよ。



回路（1）

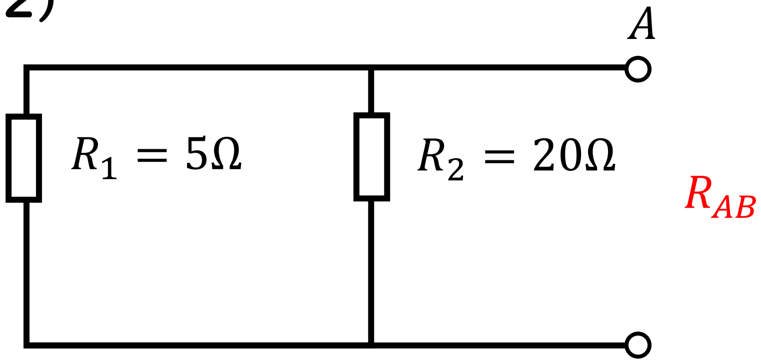


$$E_1-E_2=R_1I'+R_2I'$$

$$I'=\frac{E_1-E_2}{R_1+R_2}=\frac{10-5}{5+20}=\frac{5}{25}=\frac{1}{5}$$

$$V_{AB}=R_2I'+E_2=20\cdot\frac{1}{5}+5=9\text{V}$$

回路（2）



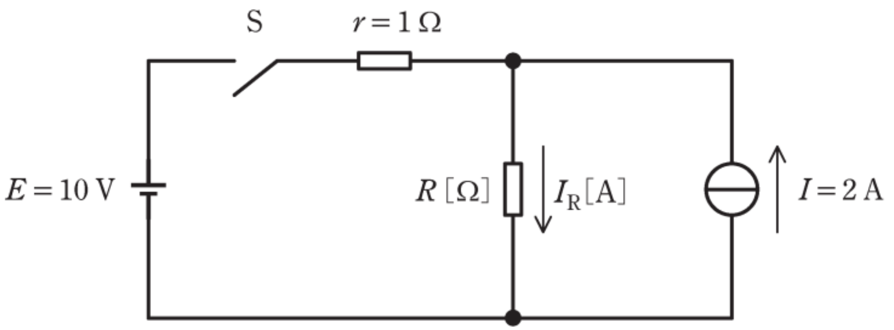
$$R_{AB}=\frac{R_1\cdot R_2}{R_1+R_2}=\frac{5\cdot 20}{5+20}=\frac{100}{25}=4\Omega$$

$$I_{AB}=\frac{V_{AB}}{R_{AB}+R_0}=\frac{9}{4+1}=\frac{9}{5}\text{A}$$

ご聴講ありがとう
ございました!!

H30 問7

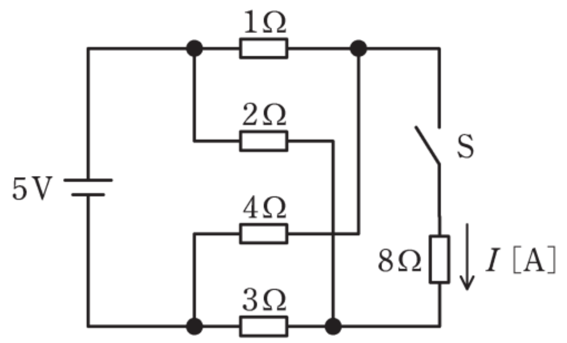
問７　図のように，直流電圧 $E = 10\,\mathrm{V}$ の定電圧源，直流電流 $I = 2\,\mathrm{A}$ の定電流源，スイッチ S，$r = 1\,\Omega$ と R[Ω]の抵抗からなる直流回路がある。この回路において，スイッチ S を閉じたとき，R[Ω]の抵抗に流れる電流 I_R の値[A]が S を閉じる前に比べて 2 倍に増加した。R の値[Ω]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1) 2　　(2) 3　　(3) 8　　(4) 10　　(5) 11

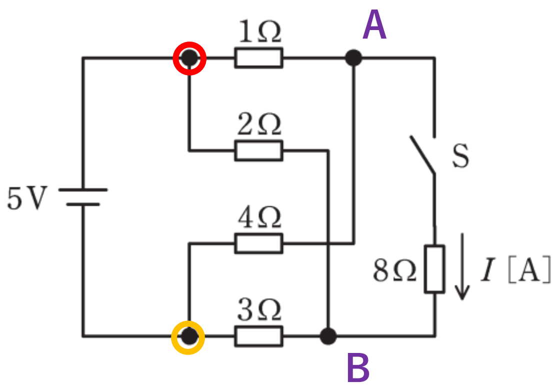
R02 問7

問 7　図のように，直流電源にスイッチ S，抵抗 5 個を接続したブリッジ回路がある。この回路において，スイッチ S を開いたとき，S の両端間の電圧は 1 V であった。スイッチ S を閉じたときに 8 Ωの抵抗に流れる電流 I の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

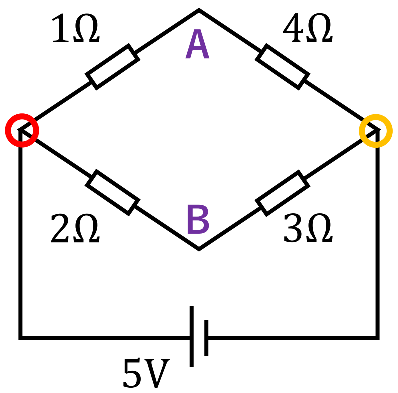


(1) 0.10　(2) 0.75　(3) 1.0　(4) 1.4　(5) 2.0

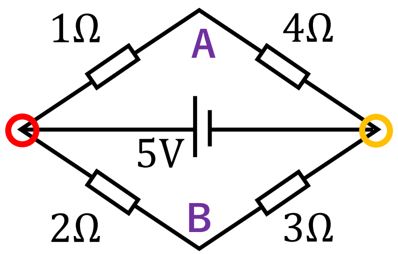
導出のポイント



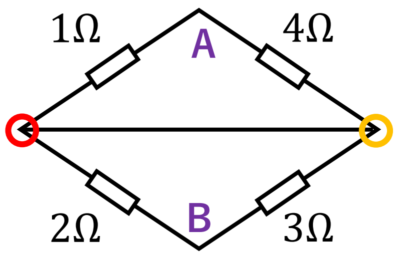
スイッチを開いたとき、スイッチの両端電圧が1 V
→$V_{AB} = 1\ \mathrm{V}$であることを意味する



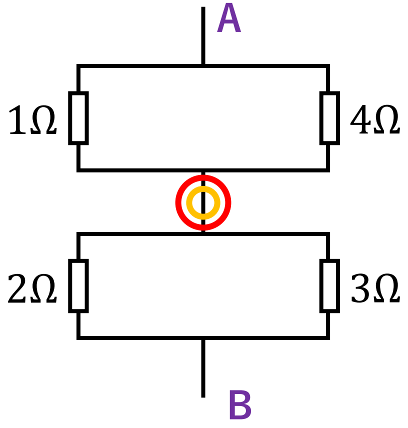
見方を
変える



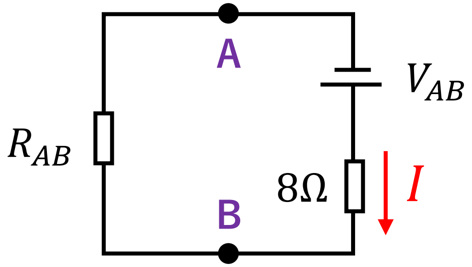
電源を短絡して
R_{AB}を考える



見方を
変える



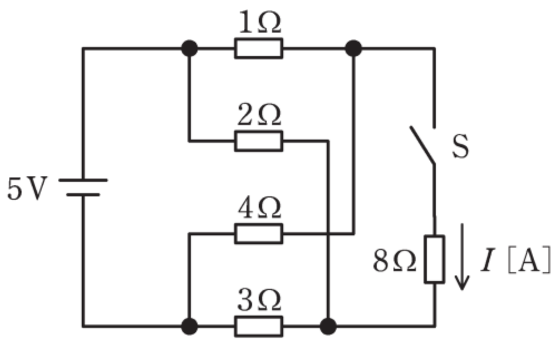
$$R_{AB} = \frac{1 \times 4}{1 + 4} + \frac{2 \times 3}{2 + 3} = \frac{4}{5} + \frac{6}{5} = 2\ \Omega$$



$$I = \frac{V_{AB}}{8 + R_{AB}} = \frac{1}{8 + 2} = \frac{1}{10} = 0.1\ \mathrm{A}$$

R02 問7

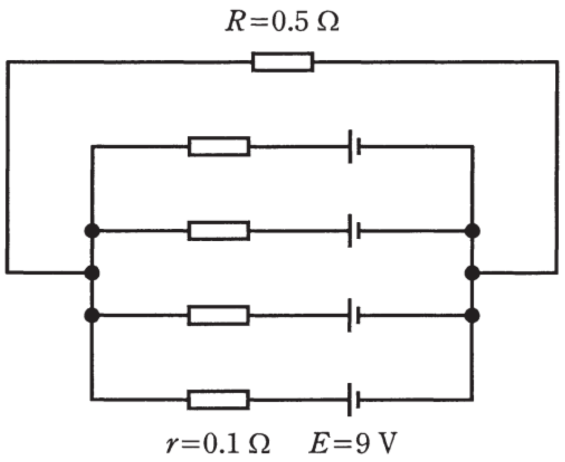
問７　図のように，直流電源にスイッチ S，抵抗 5 個を接続したブリッジ回路がある。この回路において，スイッチ S を開いたとき，S の両端間の電圧は 1 V であった。スイッチ S を閉じたときに 8 Ωの抵抗に流れる電流 I の値[A]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　0.10　　(2)　0.75　　(3)　1.0　　(4)　1.4　　(5)　2.0

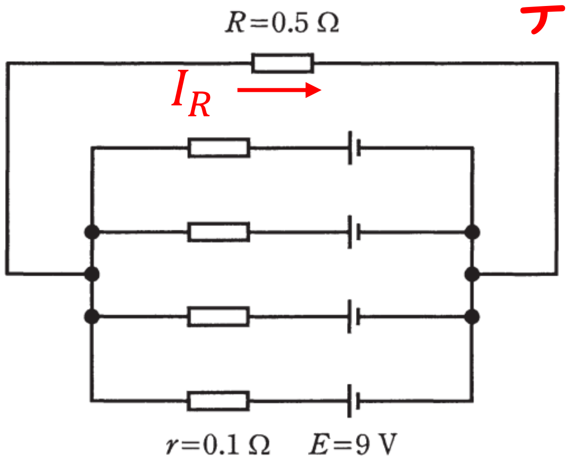
H28 問5

問５　図のように，内部抵抗$r=0.1\ \Omega$，起電力$E=9\ \mathrm{V}$の電池４個を並列に接続した電源に抵抗$R=0.5\ \Omega$の負荷を接続した回路がある。この回路において，抵抗$R=0.5\ \Omega$で消費される電力の値[W]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



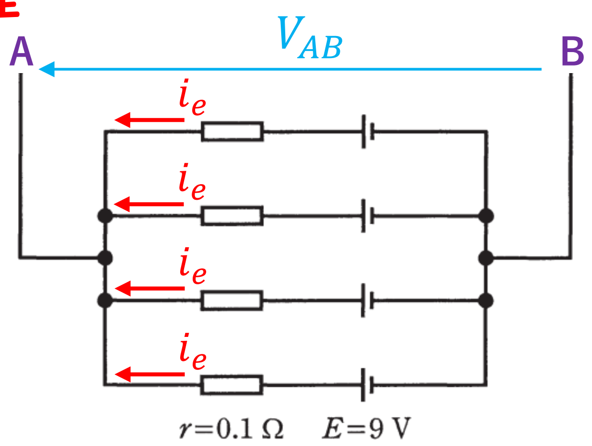
(1)　50　　(2)　147　　(3)　253　　(4)　820　　(5)　4 050

導出のポイント

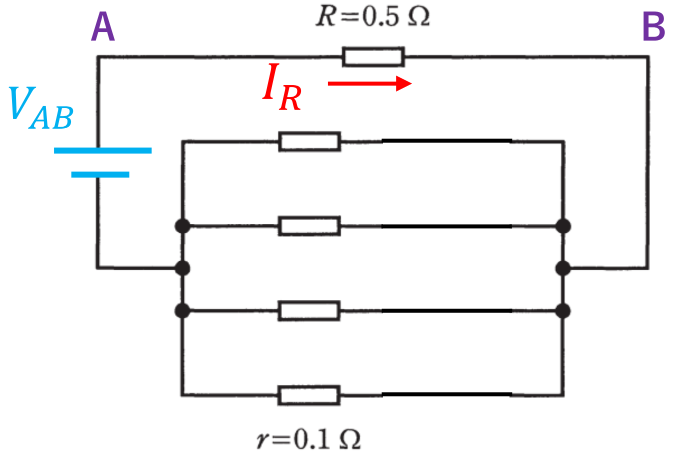


テブナンの定理

回路（1）



回路（2）



回路（1）よりV_{AB}を求める

$$V_{AB} = ri_e + E$$

ここで各電池の起電力と内部抵抗は等しく、
電池間で電流は流れないと考えることができ、

$$i_e = 0\ \mathrm{A}$$

従って、$V_{AB} = E$

回路（2）より

$$V_{AB} = \left(R + \frac{r}{4}\right) \cdot I_R$$

$$9 = \left(0.5 + \frac{0.1}{4}\right) \cdot I_R$$

$$9 = 0.525 I_R$$

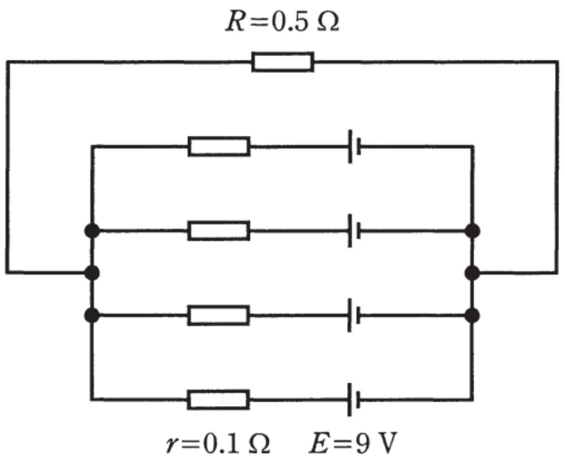
$$I_R = \frac{9}{0.525}\ \mathrm{A}$$

$$P_R = RI_R^2 = 0.5 \times \left(\frac{9}{0.525}\right)^2$$

$$P_R = 147\ \mathrm{W}$$

H28 問5

問５　図のように，内部抵抗$r=0.1\,\Omega$，起電力$E=9\,\mathrm{V}$の電池４個を並列に接続した電源に抵抗$R=0.5\,\Omega$の負荷を接続した回路がある。この回路において，抵抗$R=0.5\,\Omega$で消費される電力の値[W]として，最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



(1)　50　　(2)　147　　(3)　253　　(4)　820　　(5)　4 050