電流と抵抗

① (1) 銅 1.0 m^3の質量 ＝ 9.0 $(g/cm^2)\times10^6\ cm^2$ ＝ 9.0×10^6 g

であり、この中に銅原子は $6.0\times10^{23}\times\frac{9.0\times10^6}{64}$ ≒ $\underline{8.4\times10^{28}個}$存在する。

よって、自由電子も同じ数存在する。

(2) $I = envS$ より

$$1.0\ (A) = 1.6\times10^{-19}(C) \times 6.0\times10^{23}\times\frac{9.0\times10^6}{64}(個/m^3) \times v(m/s) \times 1.0\times10^{-6}m^2$$

よって

v ≒ $\underline{7.4\times10^{-5}\ m/s}$

② 0℃のときの抵抗率を ρ_0 (Ω･m)とすると、抵抗の長さ l、断面積 S を使って

0℃のときの抵抗値 $R_0 = \rho_0\frac{l}{S}$

t (℃)のときの抵抗値 $R = \rho_0(1+\alpha t)\frac{l}{S} = \underline{R_0(1+\alpha t)}$

と表すことができる。

③　左図：合成抵抗を R とすると、

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{6.0} + \frac{1}{3.0}$$

より

$$R = 2.0\ \Omega$$

であり、

$$\text{電源を流れる電流} = \frac{9.0}{2.0} = \underline{4.5\ \mathrm{A}}$$

右図：2 つの抵抗が並列に接続された部分の合成抵抗を r とすると、

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{3.0} + \frac{1}{3.0}$$

より

$$r = 1.5\ \Omega$$

であり、

$$\text{全体の合成抵抗}\ R = 1.5 + 3.0 = 4.5\ \Omega$$

であるので、

$$\text{電源を流れる電流} = \frac{9.0}{4.5} = \underline{2.0\ \mathrm{A}}$$

非オーム抵抗

① 電球の電圧をV、電流をIとすると

$$E = RI + V$$

であり、これをグラフに表して交点を求めることで、電球に流れる電流は $\underline{\dfrac{E}{2R}}$ であることが分かる。

② 電球の電圧をV、電流をIとすると

$$I_0 = \frac{V}{R} + I$$

であり、これをグラフに表して交点を求めることで、電球にかかる電圧は $\underline{\dfrac{RI_0}{2}}$ 、電球に流れる電流は $\underline{\dfrac{I_0}{2}}$ であることが分かる。

起電力と内部抵抗

① 電池の起電力を E、電池の内部抵抗を r とすると、

R の両端の電圧 V ＝ 電池の端子電圧 ＝ $E - rI$

である。式とグラフを比較することで

E ＝ $\underline{1.4\ \mathrm{V}}$

r ＝ $\underline{20\ \Omega}$

と求められる。

電流計と電圧計

① 0.2 Ω の抵抗を並列に接続すればよい。

② 9.0 Ω の抵抗を直列に接続すればよい。

電流とエネルギー

① 10×10^{-3}(A) × 1.5 V × 60×5 s ＝ <u>4.5 J</u>

② 10 A × 100 V × 42 s × $\frac{90}{100}$ ＝ 100 g × 4.2 J/g･K × ΔT

より

ΔT ＝ <u>90℃</u>

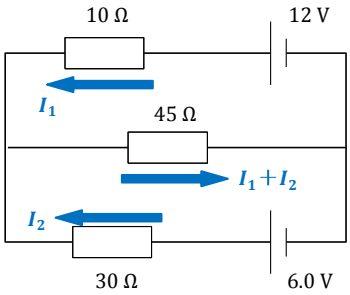
③ 消費電力 ＝ 100 V × 0.60 A ＝ <u>60 W</u>

電力量 ＝ 60 W × 60 s ＝ <u>3.6×10^{3}J</u>

④ 1 kWh ＝ 10^{3}J/s × 60×60 s ＝ <u>3.6×10^{6}J</u>

キルヒホッフの法則

①



上のように電流を設定してキルヒホッフの第 2 法則の式を書くと

$$12 = 10\,I_1 + 45(I_1 + I_2)$$

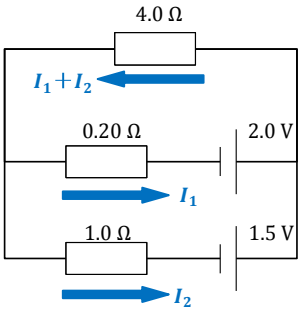
$$6.0 = 30\,I_2 + 45(I_1 + I_2)$$

2 式を解いて

$$I_1 = \underline{0.30\ \mathrm{A}} \qquad I_2 = -\underline{0.10\ \mathrm{A}} \qquad I_1 + I_2 = \underline{0.20\ \mathrm{A}}$$

であるので、30 Ωの抵抗を流れる電流は図とは逆向きであり、それ以外の電流は図の向きであることが分かる。

②



上のように電流を設定してキルヒホッフの第 2 法則の式を書くと

$$2.0 = 0.20\,I_1 + 4.0(I_1 + I_2)$$

$$1.5 = 1.0\,I_2 + 4.0(I_1 + I_2)$$

2 式を解いて

$$I_1 = \underline{0.80\ \mathrm{A}} \qquad I_2 = -\underline{0.34\ \mathrm{A}} \qquad I_1 + I_2 = \underline{0.46\ \mathrm{A}}$$

であるので、1.0 Ωの抵抗を流れる電流は図とは逆向きであり、それ以外の電流は図の向きであることが分かる。

ホイートストンブリッジ

① 未知抵抗の抵抗値を R とすると、

$$\frac{1}{20} = \frac{3}{R}$$

よって

$$R = \underline{60\ \Omega}$$

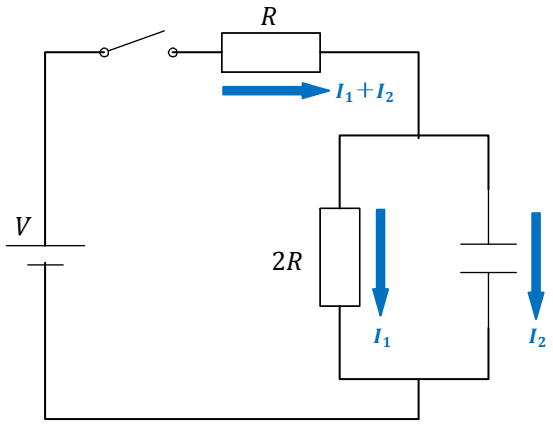
直流回路中のコンデンサー

① スイッチを閉じた直後：コンデンサーは抵抗 0 の導線と同じなので、

抵抗 R に流れる電流 ＝ コンデンサーに流れる電流 ＝ $\underline{\dfrac{V}{R}}$

抵抗 $2R$ に流れる電流 ＝ $\underline{0}$

コンデンサーの電圧が $\dfrac{V}{3}$ になった瞬間：キルヒホッフの第 2 法則の式を書くと



$$V = R(I_1 + I_2) + 2RI_1$$

$$\frac{V}{3} = 2RI_1$$

よって

$$I_1 = \underline{\frac{V}{6R}} \qquad I_2 = \underline{\frac{V}{2R}} \qquad I_1 + I_2 = \underline{\frac{2V}{3R}}$$

スイッチを閉じてから十分時間が経過した後：コンデンサーは∞の抵抗と同じなので

抵抗 R に流れる電流 ＝抵抗 $2R$ に流れる電流 ＝ $\underline{\dfrac{V}{3R}}$

コンデンサーに流れる電流 ＝ $\underline{0}$