

## 1. 直流回路

### 基本事項

物理量：電圧，電流，抵抗，電力

回路素子：電池（起電力と内部抵抗），抵抗（素子ではないが，導線とスイッチ）

オームの法則：抵抗を流れる電流と，抵抗両端で生じる電圧降下が比例する。

キルヒホッフの法則：

第1法則 回路の任意の接点において，流入する電流の和と流出する電流の和が等しい

第2法則 回路網の任意の閉ループにおいて，起電力の和と電圧降下の和が等しい

### 用語の定義にかかわる確認

Q1. 正負の電極間の電圧（電位の差）が  $V = 1.0 \text{ V}$  のとき 1 個の電子が負極から正極に移動する。この移動のはじめと終わりで電子の速さが同じとすると，電子はどれだけの仕事を外部にしたか。電子の電荷を  $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  とせよ。

A1. 負極にある電子は正極にあるときよりエネルギーが大きいから，外部に正の仕事をする。この移動に必要な仕事は負である。電位差の定義は，1 C の電荷が 1 J のエネルギー差を持つとき 1 V の電位差となるから，題意の仕事は  $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$  である。（なお，電流の向きは電子の流れの向きと逆だから，題意は「正極から負極に電流が流れる」のと同じである。）

Q2. Q1 において，電子が 1 秒間に  $10^{20}$  個だけ移動するとき，電極間に流れる電流はどれだけか，この電流がする電気的な仕事率（すなわち電力）はどれだけか。

A2. 負電極を出る（正電極に入る）電子は 1 秒に  $10^{20}$  個，したがって電荷は  $-16 \text{ C}$  である。電流としては  $I = 16 \text{ C/s} = 16 \text{ A}$  が流れる。電力は  $P = 16 \text{ A} \times 1 \text{ V} = 16 \text{ W}$  である。

Q3. Q1 の状況が，オームの法則に従う物質（すなわち抵抗）で電極間を接続することにより実現したとする。この物質の抵抗の値  $R$  はどれだけか。この抵抗で発生するジュール熱は一秒あたりどれだけか。電極間の電圧を一定として，同じ抵抗を 2 個(i)直列あるいは(ii)並列につないだとき電流の値はそれぞれどれだけか。

A3. 抵抗の定義から， $R = V/I = 1/16 = 0.063 \text{ } \Omega$ 。ジュール熱は  $P = 16 \text{ J/s}$ 。（ $P = IV = RI^2$ ）直列接続にすると，抵抗の和となるから，同じ電圧なら電流は 1/2 倍 (8 A)。並列接続にすると，電流は和となるから，2 倍(32 A)。

Q4. ある電池から流出する電流が 5 A のとき端子電圧は 0.7 V，2 A のとき 1.0 V である。この電池の内部抵抗を求めよ。[NEC]

A4. 電流を流さない状態での端子電圧を電池の起電力という。理想的な電池は流す電流の値によらず端子電圧  $V$  が起電力  $E$  に等しいが，現実の電池は内部（にある）抵抗  $r$  のためにオームの法則にしたがって電流  $I$  の増大にともない電圧降下が大きくなる。式で表すと

$$V = E - rI$$

題意の数値から連立方程式

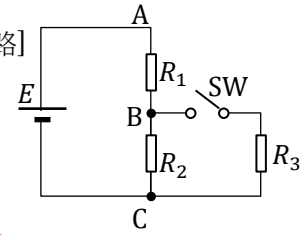
$$(0.7 \text{ V}) = E - r \times (5 \text{ A}), \quad (1.0 \text{ V}) = E - r \times (2 \text{ A})$$

をたてて解くと， $r = 0.1 \text{ } \Omega$  ( $E = 1.2 \text{ V}$ ) である。

実力検定

Q5. 図の回路で  $E = 60 \text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 20 \text{ } \Omega$ ,  $R_3 = 5 \text{ } \Omega$  として答えよ. [東芝=姫路]

- (1) SW を開いたときの BC 間の電圧.
- (2) SW を閉じたときの BC 間の電圧.
- (3) SW を閉じたとき  $R_3$  を流れる電流.



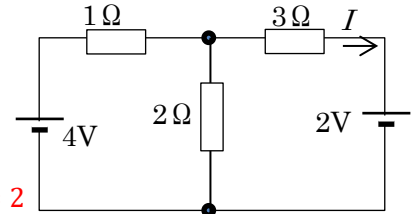
A5. (1)  $V_{BC} = 20 \times \frac{60}{20+20} = 30 \text{ V}$ , (2)  $V'_{BC} = \frac{20 \times 5}{20+5} \times \frac{60}{20+\frac{20 \times 5}{20+5}} = 10 \text{ V}$ , (3)  $I_3 = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$

Q6. 図の回路で電流  $I$  の値を求めよ. [技術士 H22]

A6.  $1 \text{ } \Omega$  に右向きに流れる電流を  $J$  として連立方程式を立てる:

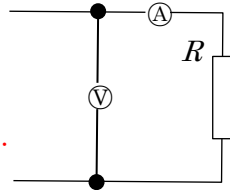
$$1 \times J + 2 \times (J - I) = 4, \quad 2(J - I) - 3 \times I = 2$$

これを解くと  $I = \frac{2}{11} \text{ A} \approx 0.18 \text{ A}$ .

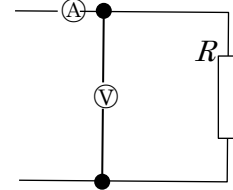


Q7. 電流計  $\text{A}$  は端子間の抵抗  $R_A = 10 \text{ } \Omega$ , 電圧計  $\text{V}$  は  $R_V = 10 \text{ M}\Omega$  のとき. つぎのふたつの回路において, 電流計の読み  $I$  と電圧計の読み  $V$  から抵抗  $R = 100 \text{ k}\Omega$  の値を  $R' = V/I$  の計算で近似的に求めるとき, 測定の相対誤差はどれだけか. [NEC 米沢類似]

A7. 【左】電流計の読みを  $I$  とすると, 電流計と抵抗の直列接続の両端の電圧は  $I(R_A + R) = V$  であり, この値を電圧計で読む.



したがって  $R' = \frac{V}{I} = R + R_A \rightarrow \frac{R'}{R} = 1 + \frac{R_A}{R} \therefore$  誤差 0.01%



【右】電流計を流れる電流は, 電圧計と抵抗の並列接続  $(R_V^{-1} + R^{-1})^{-1}$  を流れ電圧降下  $V$  を生じるので

$$I \times (R_V^{-1} + R^{-1})^{-1} = V. \quad \text{よって } R' = \frac{V}{I} = (R_V^{-1} + R^{-1})^{-1} = \frac{R R_V}{R + R_V} = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_V}} \approx R - \frac{R^2}{R_V} \rightarrow \frac{R'}{R} = 1 - \frac{R}{R_V} \therefore \text{誤差 } 1\%$$