

# 電磁場と電磁波

## 時間的に変動する電磁気現象

### 【履修の条件】

- 「電気と磁気」
- 微分法と積分法

### 【目標】

- 就職試験に出る電磁気の問題
- 現実世界のシミュレーション, 数学的な基礎作り

# テーマ

1. 直流回路
2. 交流素子
3. 複素指数関数の利用
4. 交流インピーダンス
5. 過渡現象
6. ラプラス変換・微分方程式
7. ベクトル解析
8. 電磁波

# 1. 直流回路(教科書 8章)

【目的】 直流回路の電流・電圧を解析する  
「交流回路」の基礎づくり(復習)

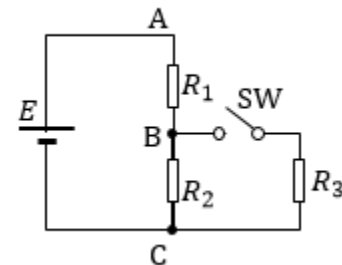
【効能】 入社試験問題

【キーワード】

- 物理量: 電圧, 電流, 電気抵抗, 電力
- 回路素子: 導線, 抵抗, 電池(起電力)
- 法則:
  - オーム
  - キルヒホッフ(定常状態を保つ, 電荷保存則, 電圧が定まる)

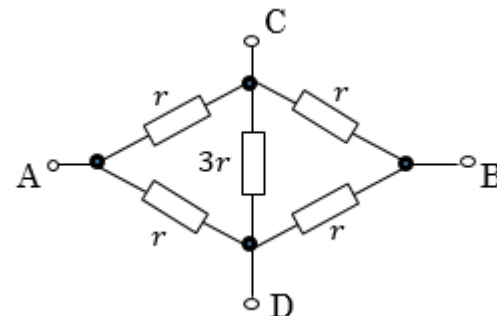
# 問題

- ある電池から流出する電流が  $5\text{ A}$  のとき端子電圧は  $0.7\text{ V}$ ,  $2\text{ A}$  のとき  $1.0\text{ V}$  である. この電池の内部抵抗を求めよ. [NEC]
- 図の回路で  $E = 60\text{ V}$ ,  $R_1 = R_2 = 20\ \Omega$ ,  $R_3 = 5\ \Omega$  として答えよ. [東芝=姫路]
  - SWを開いたときのBC間の電圧
  - SWを閉じたときのBC間の電圧
  - SWを閉じたとき  $R_3$  を流れる電流

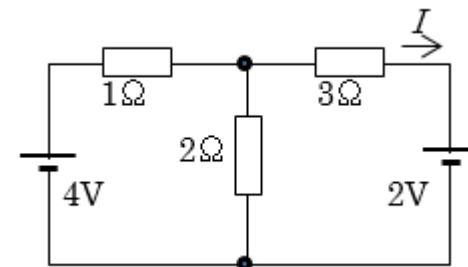


# 問題

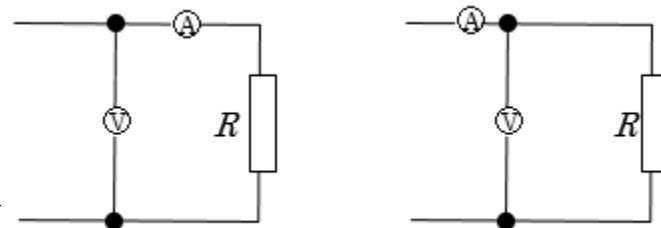
- 図の回路でAB間およびCD間の合成抵抗を求めよ. [富士通VLSI]



- 図の回路で電流 $I$ の値を求めよ. [技術士 H22]



- 電流計Aは端子間の抵抗 $R_A = 10 \Omega$ , 電圧計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]



# 1.1 直流回路とは

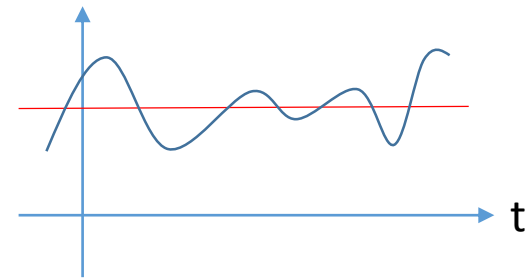
- 回路(網) : 電流がめぐる路(が網目になったもの)
- 直流 : 時間的に変化しない成分だけ
- 直流回路 : 抵抗と電池を導線でつなげた回路

- 学習 :

- 回路解析

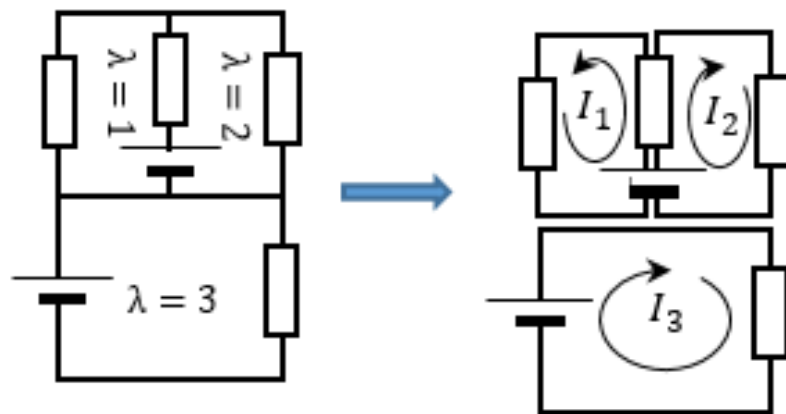
- 効能

- すべての電気・電子回路の基本となる



# 1.2 回路図とは

- 回路となるために
  - 電流が戻る
  - ループを束ねてつくる
- 現実を理想化
  - 導線
  - 抵抗
    - オームの法則  $V = RI$
    - 従わない場合は別途指定
    - 発熱量に対する考慮が必要  $P = IV = RI^2 = \frac{V^2}{R}$
  - 電池
    - 起電力 $E$ と内部抵抗 $r$



# 1.3 抵抗

- 抵抗内部では
  - 電流が一定,
  - 電圧が徐々に降下
- 抵抗両端では
  - 電流が同じ
  - 電圧降下:  $V = RI$
- 抵抗値
  - 単位:  $\Omega$ (オーム)
    - $1\Omega = 1\text{ V}/1\text{ A}$
- 発熱量
  - 単位: W(ワット)
    - $1\text{ W} = 1\text{ V} \times 1\text{ A}$



# 1.4 導線

- 抵抗0, 電圧降下0, 両端の電位差0
- 導線内部
  - 電位が等しい
  - 電流(荷電粒子の流れ)が曲がるのは何故？
- 実際の導線は抵抗を持つ
  - 無視する
  - 導線に由来する抵抗は「抵抗」として回路図に記載

# 1.5 電池

- 起電力
  - 常に一定(化学反応式で決まる)
  - 内部では電流に逆らって電位が上がる
- 内部抵抗
  - 電池内部の電圧降下を生じる
  - 使うと内部抵抗が増加
- 端子間電圧
  - 正極, 負極
  - $V = E - rI$

# 1.6 直流回路

- 直流回路

- 直流電流が流れる

- どの部分を流れる電流も, 向きと大きさが変動しない

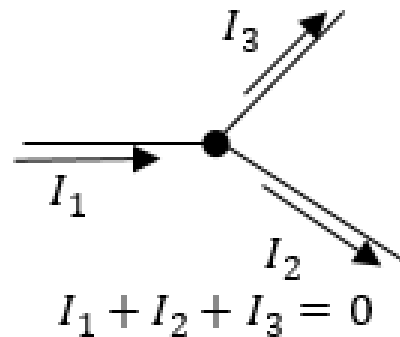
- 直流電圧が生じる

- どの部分の電荷・電位も変動しない(コンデンサーを含まず)
    - 2点間の電圧: 抵抗による電圧降下 + 起電力による上昇

# 1.7 節点の電荷分布と電流

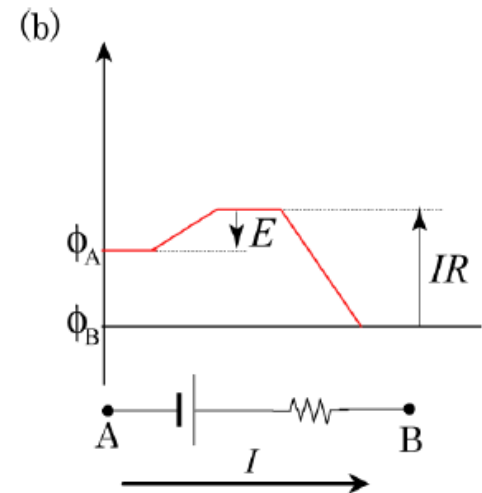
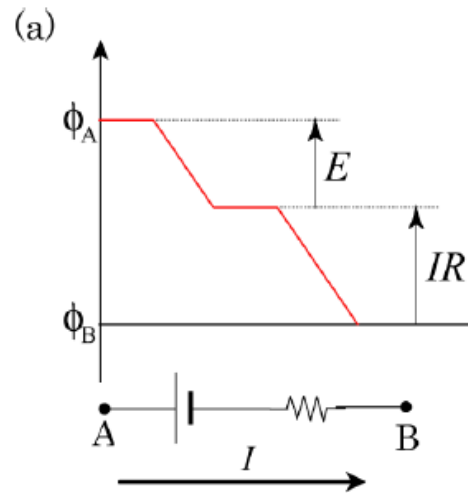
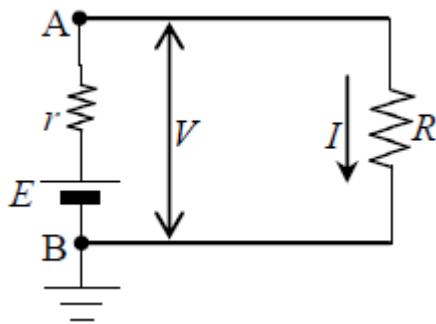
- 節点
  - 導線(あるいは電流)が分岐・集合する点
- 電荷保存則
  - 節点で電流の総和が0
    - 正(流出), 負(流入)

• 図2



# 1.8 電圧降下, 電池

- 電流の向きを基準



# 1.9 抵抗の合成

- 直列:  $R = R_1 + R_2$
- 並列:  $R^{-1} = R_1^{-1} + R_2^{-1}$   
 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

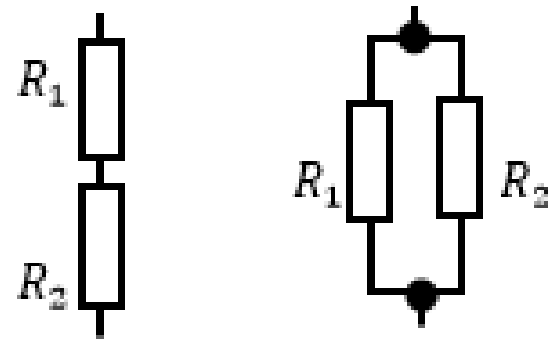


図4 直列(左)と並列(右)

# 1.10 キルヒホフの法則

- (1) 各節点は帯電しない(電荷保存則):

$$\sum_{k=1, \dots, N} I_k = 0$$

- (2) どのループ(網目のひとつ)についても電圧降下と起電力の和が0(電位が決まる):

$$\sum_{j=1, \dots, m} R_j I_j + E_\lambda = 0$$

ただし,  $I_j$ は注目するループの $j$ 番目の枝を流れる電流,  $R_j$ はその枝に属する抵抗,  $E_\lambda$ はこのループに属する起電力.

# 1.11 網目法

- 回路網をループの集合とみなす. 上図の $\lambda=1,2,3$ が3つのループである.
- 各ループを1巡する電流を仮定しループ電流と呼ぶ. 下図の $I_1, I_2, I_3$ である. ループ電流の向きは自由に考えるが, 計算の結果電流の値が負となれば, 仮定した向きと逆に流れることを意味する.
- ループ1と2が接する枝(中央・上の縦線)には $I_1 + I_2$ が流れる.
- ある節点を通過するどのループ電流についても, 節点に入った量と出ていく量が等しいことは自明である. ループ電流の和についても同じ結論となるので, キルヒホッフの(1)が自動的に成立する.
- 各ループについて法則(2)を書き下して連立方程式をつくる. このとき, あるループについて電圧降下の式を書いているとき, 他のループと接する枝で起きる電圧降下についてはループ電流の合計に対してオームの法則を適用する. 注目しているループを流れる電流の向き(最初に仮定したもの)を基準にして他の電流(これも最初に仮定したもの)の符号を定める(同じ向きなら正). また電池の起電力も, 注目するループの電流の向きに電位が上昇する起電力を正とする.

