

オームの法則

$$V = RI$$

- 電位差と電流は比例
- 経験的に「かなり」広範囲に成り立つ

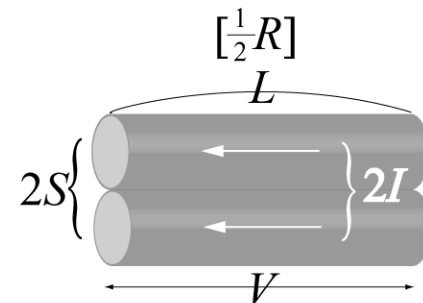
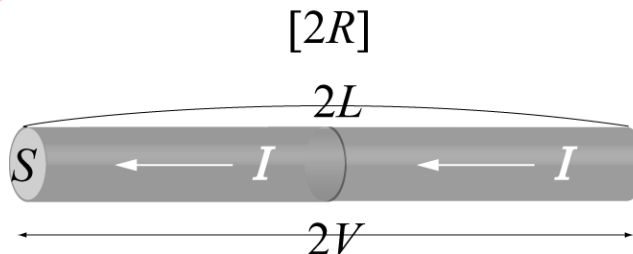
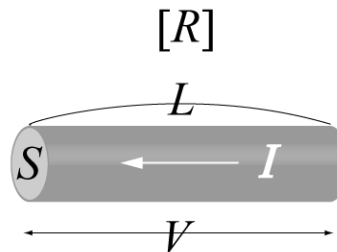
電気抵抗

物質の種類による
状態による
形状による

$$R' = \rho \frac{L'}{S'}$$

比抵抗 (物質の種類だけ)

$$\rho = \frac{R}{L/S}$$



オームの法則 —形状によらない—

物体内部が均一なら,

- ・ 内部の電場はどこでも同じ値 $E = V/L$
- ・ 電流密度が均一 $j = I/S$

$$V = RI \rightarrow LE = RjS \rightarrow E = \frac{R}{L/S} j = \rho j$$

$$E = \rho j$$

一点の「電氣的」な性質. より本質的な法則の表現

抵抗、比抵抗、電気伝導度

オームの法則

$$E = \rho j \quad \longrightarrow$$

$$j = \frac{1}{\rho} E = \sigma E$$

電気伝導度

単位

$$R \quad [\Omega]$$

$$\rho = R \frac{S}{L} \quad [\Omega \cdot \text{m}]$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad [\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}]$$

$$1 \Omega = 1 \text{V} / 1 \text{A}$$

Ω オーム
 Ω^{-1} ジーメンズ

電気抵抗のモデル(＊)

$$\alpha = \frac{-eE}{m}$$

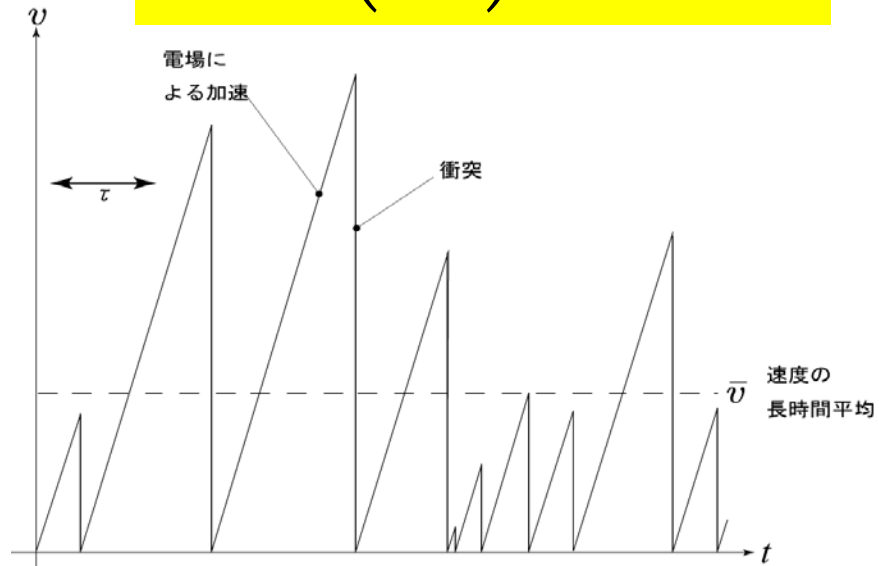
- 荷電粒子が電場で加速される
- 衝突で平均速度が0となる

加速される時間の平均値(τ)が平均速度を決める

$$\sigma = \left(\frac{e^2}{2m} \right) \times (n \tau)$$

$$\bar{v} = \frac{\alpha \tau - 0}{2} = \frac{-eE}{2m} \tau$$

$$j = (-e) n \bar{v} = \frac{-e^2 E}{2m} n \tau$$



発見「電流が熱に変わる」

- ジュール 1840年
- 導体に電流を流すと発熱する(半導体や絶縁体も電流を流せば発熱する). この熱をジュール熱という.
- 定量的な関係は

$$\text{単位時間に発生する熱量} = RI^2$$

$$1\Omega \times (1A)^2 = 1V \times 1A = 1V \times 1C s^{-1} = 1J s^{-1} = 1W$$

ジュール熱と電気的エネルギー

ジュール熱の値をオームの法則により書き直す

$$RI^2 = (RI)I = VI$$

q : 電流を担う荷電粒子の電荷

I/q : 単位時間当たり, 抵抗に注入される荷電粒子の数

qV : 1個の荷電粒子が抵抗に入る前にもってりいる位置エネルギー

抵抗のなかで

荷電粒子の平均速度が一定 → 運動エネルギーが一定
位置エネルギーが熱に変わる

電力: 単位時間あたり, 抵抗に注入される電気エネルギー

$$P = \frac{I}{q} \times qV = I \times V \quad (\text{パワー, 仕事率})$$

電力(パワー、仕事率)

パワーの瞬時値: $P(t) = I(t) \times V(t)$,

用語: 電圧 $V(t)$

消費電力→投入電力: $P = IV$

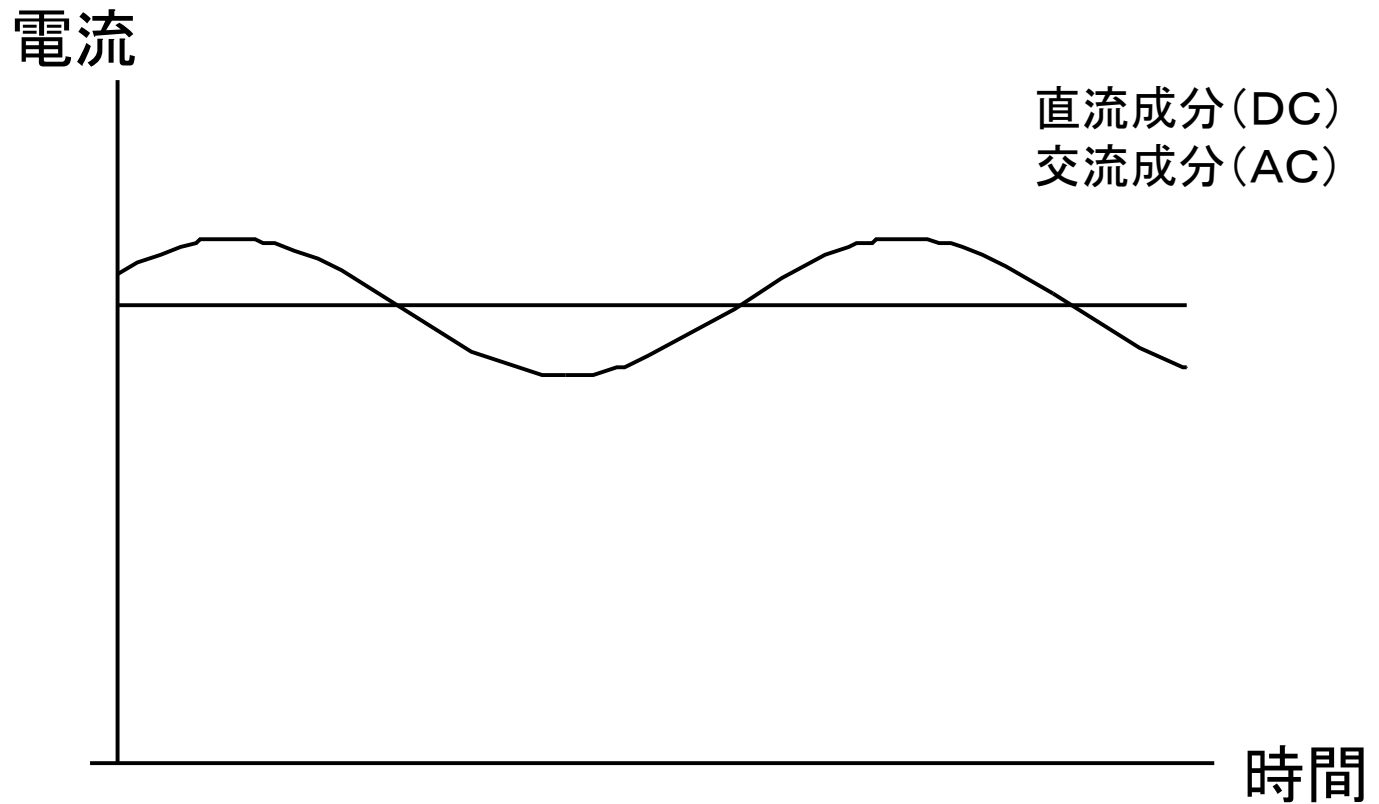
電気エネルギーが

熱以外の, 光, 音, 力学的仕事, 化学エネルギーetc に変わるときも
投入するパワーは $P = IV$ となる

電力の単位: $1\text{W(ワット)} = 1\text{A} \times 1\text{V} = 1\text{ J/s}$

電力料金に使うエネルギーの単位: $1\text{ W hr} = 3600\text{ J}$

直流と交流



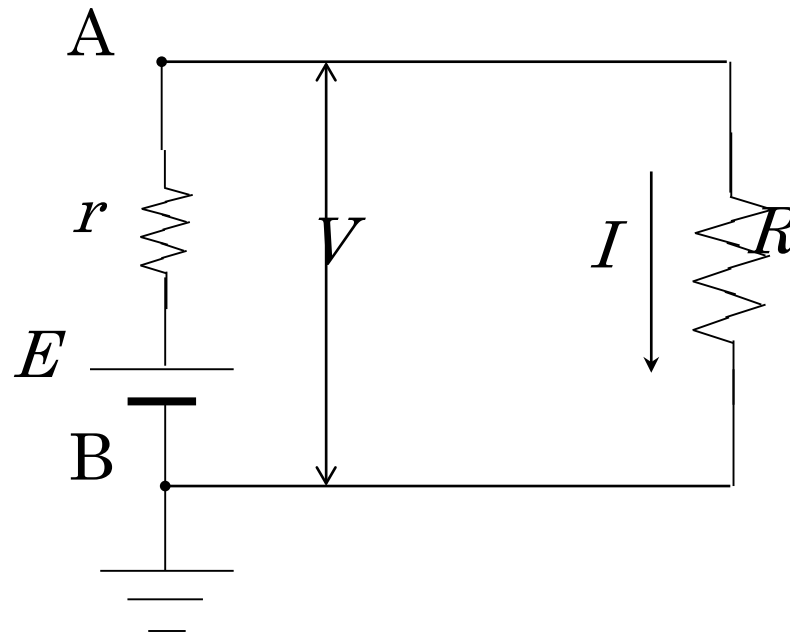
電圧にも使う用語

直流回路

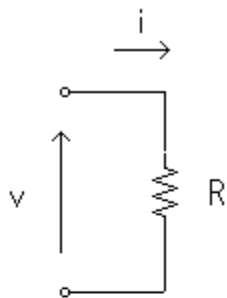
- 電流が変動しない
- 電荷分布が変動しない

- 導線、抵抗、
- 定電圧電源(電池)
- 定電流電源

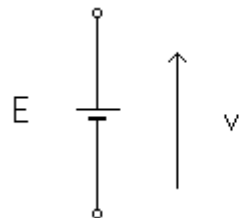
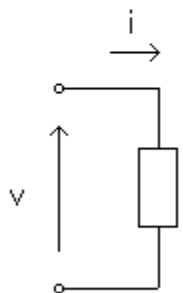
- 「回路」 電流が回る(循環する)路



直流回路図に用いられる記号



昔の書き方



直流電圧源

両端子間に接続される負荷に関係なく

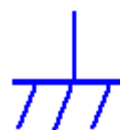
$$v = E$$



直流電流源 (定電流源)

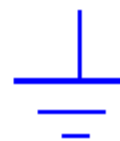
両端の負荷に関係なく

$$i = J$$



(a) グラウンド

共通の戻り線
回路動作の基準



(b) 接地

大地または同等の
場所への接続

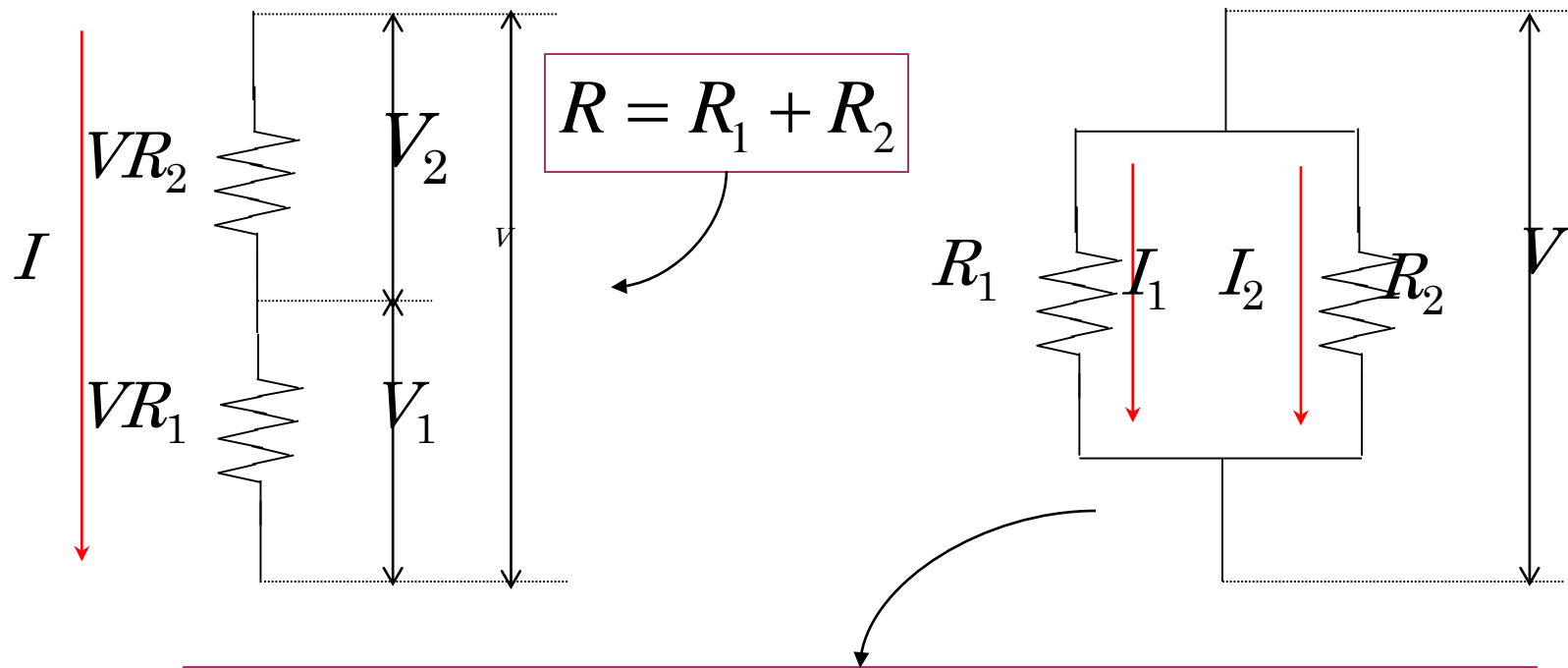
JISにおける現在の抵抗の電気用図記号

電池

- 起電力
- 内部抵抗

$$V = E - Ir$$

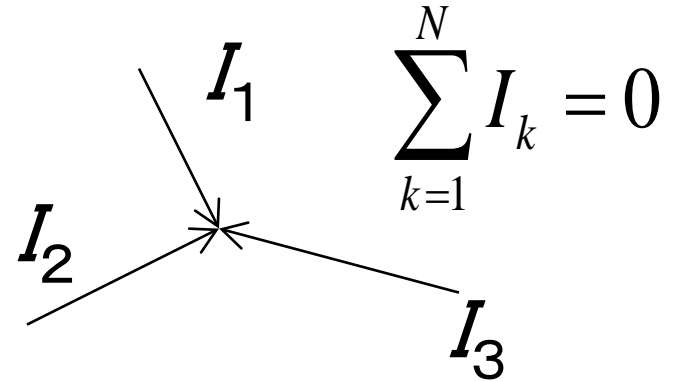
抵抗の合成



$$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V = \frac{1}{R} V$$

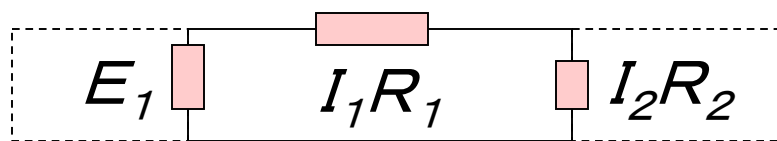
キルヒホッフの法則

- 回路網の解析
- 電荷分布が変動しない:
直流回路



- オームの法則

電位を定義できる:



$$\sum_{j=1}^n I_j R_j = \sum_{k=1}^m E_k$$