

授業予定(変更されたシラバス)

- ①原子の構造と電気力
- ②クーロンの法則
- ③電場1 (小)
- ④電場2 (小)
- ⑤電位1 (小)
- ⑥電位2
- ⑦電流1 (小)
- ⑧電流2 (＋確認試験1)
- ⑨電流が作る磁場1 (小)
- ⑩電流が作る磁場2
- ⑪ローレンツ力1 (小)
- ⑫ローレンツ力2 (小)
- ⑬電磁誘導 (小)
- ⑭発展 (＋確認試験2)
- ⑮まとめ
- ⑯期末試験

基礎物理A ≪ 学習到達目標 ≫

- 1) 電気力と電場の関係を説明できる。
- 2) 電位と静電エネルギーを説明できる。
- 3) ミクロな視点で電流を説明できる。
- 4) ローレンツ力と磁場(磁束密度)の関係を説明できる。
- 5) 直線電流がつくる磁束密度を図を使って説明できる。

第8回目 電流2

今日の授業の目的

- 電力とジュール熱を求める.
- 電流の強さ I と自由電子の運動の関係を式で表す.
- 直列接続・並列接続の問題を解く.

§ 6 電流

(つづき)

◇オームの法則

(テキスト p68)

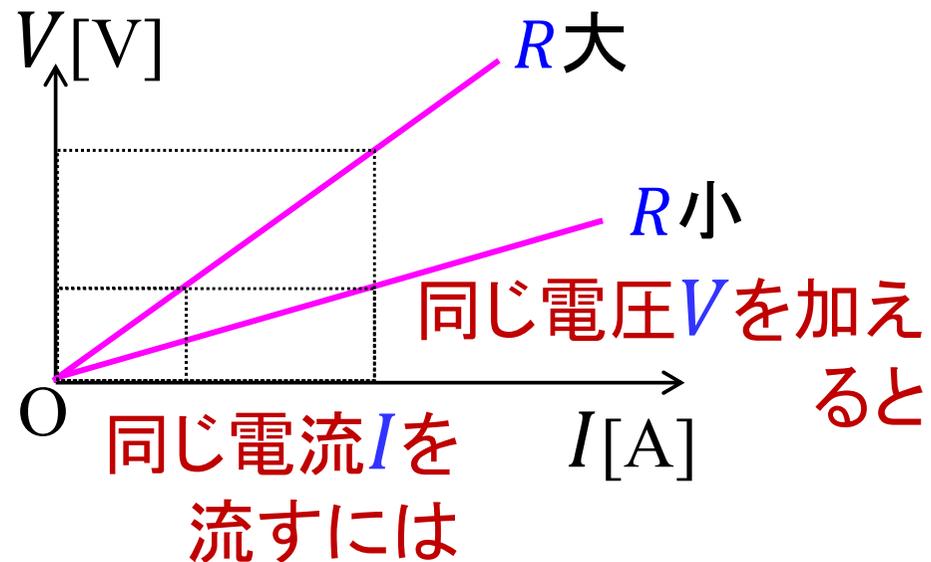
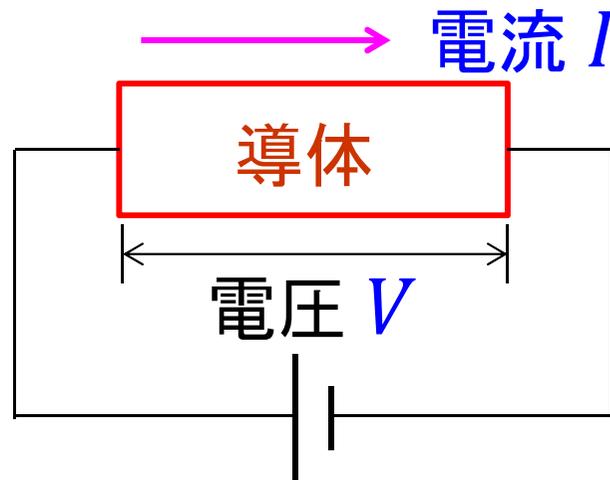
「導体を流れる電流 I は導体の両端の電圧 V に比例する」
: オームの法則

$$V = RI$$

(電気回路で最も基本になる法則)

R : 電気抵抗 単位 Ω (オーム) = V/A

電流の流れにくさを表す (R 大きいほど流れにくい)

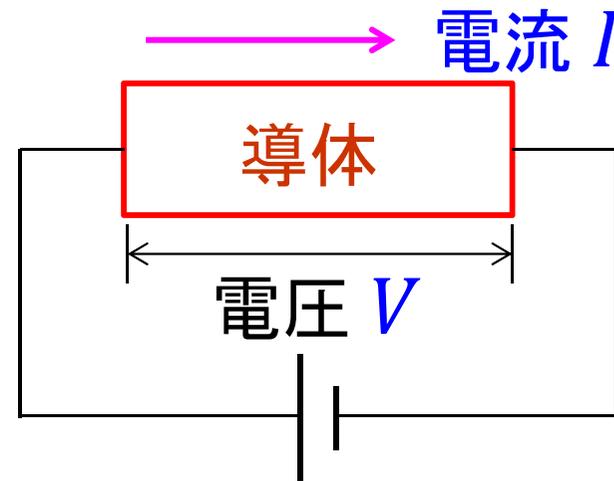


◇オームの法則

(テキスト p68)

オームの法則

$$V = RI$$



練習①電気抵抗が 30Ω の導体に、 1.5V の電圧を加えた。流れる電流 I は？

②導体に 3.0V の電圧を加えたら、 0.60 mA の電流が流れた。導体の電気抵抗 R は？

$$\textcircled{1} I = \frac{V}{R} = \frac{1.5\text{ V}}{30\ \Omega} = 0.050\text{ A} = 50\text{ mA}$$

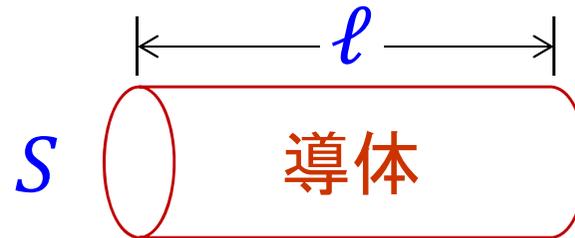
$$\textcircled{2} R = \frac{V}{I} = \frac{3}{0.60\text{ mA}}\text{ V} = 5 \times 10^3\ \Omega = 5\text{ k}\Omega$$

◇オームの法則

(テキスト p69)

オームの法則

$$V = RI$$



電気抵抗 R は導体の材質や形状で決まる。

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

S : 導体が太いほど電流は流れ やすい。

l : 導体が長いほど電流が流れ にくい。

ρ : 電気抵抗率 材質に固有の電流の通しにくさ。

0°C での ρ_0 , 銅: $1.55 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, ゴム: $10^{13} \sim 10^{15} \Omega \cdot \text{m}$

導体(銅)と不導体(ゴム)で約 10^{23} 倍違う

(参考 アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$)

◇オームの法則

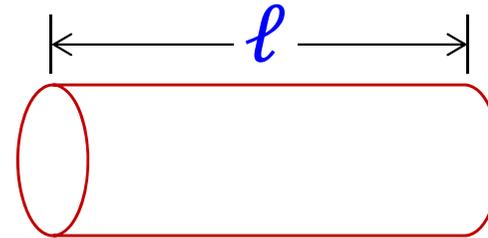
(テキスト p.69)

オームの法則

$$V = RI$$

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

S



電気抵抗率 ρ は温度にも依存する。

セ氏温度 t [$^{\circ}\text{C}$] で, $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$

導体(金属) $\Rightarrow \alpha > 0$ 温度が上昇すると流れにくくなる。

理由: 温度上昇で陽イオンとの衝突が激しくなる。

半導体・不導体 $\Rightarrow \alpha < 0$ 温度が上昇すると流れやすく。

理由: 温度上昇で束縛電子から自由電子になる数が増える。

なぜ? と関心を持った人は, 将来, 電気電子材料(金属, 半導体)の授業, 物性物理学を学ぶとよい。

◇電力

(テキスト p.70~71)

電流は仕事をする。

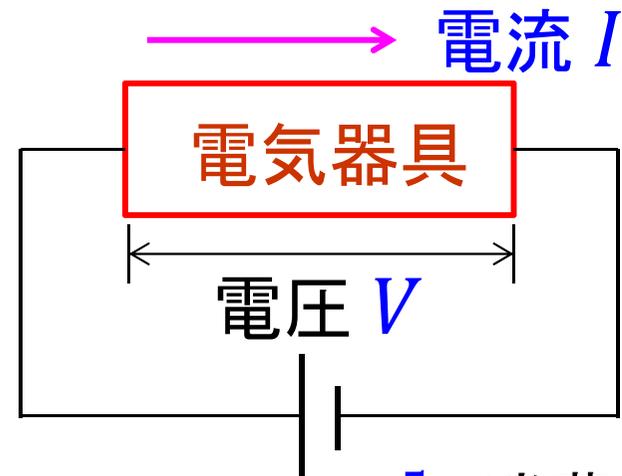
熱・光・力学的エネルギーなど
に変換して利用

60W(ワット)の電球

単位 $W = J/s$ は仕事率の単位

1時間つけっぱなし $\Rightarrow 60W \times 3600s = 2.16 \times 10^5 J$ 消費した

$$\boxed{\text{電力 } P = IV} \quad [W]$$



練習 抵抗値が 5.5Ω の導体に, $110V$ の電圧を加えた。

①流れる電流 I は? ②導体の消費電力 P は?

$$\textcircled{1} I = \frac{V}{R} = \frac{110 \text{ V}}{5.5 \Omega} = 20 \text{ A}$$

$$\textcircled{2} P = IV = 20 \text{ A} \times 110 \text{ V} = 2200 \text{ W}$$

◇電力

(テキスト p.70~71)

$$\text{電力 } P = IV$$

[W]

Δt 秒 \longrightarrow 電流 I

Δt 秒間に強さ I の電流が流れた。
通過した電気量 q は？

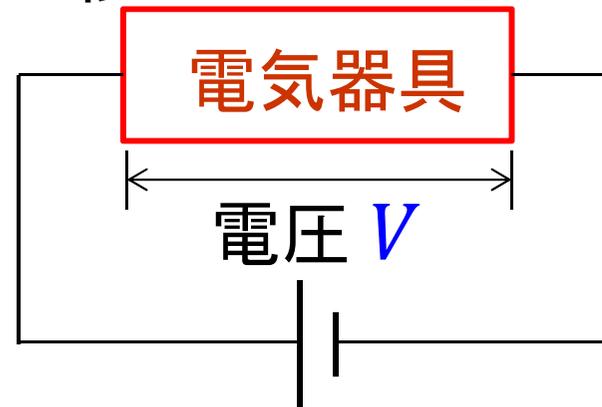
$$q = I\Delta t$$

電気がした仕事 W は？ \Rightarrow 電流は W だけ仕事をする。

$$W = qV = I\Delta t \cdot V$$

電流がした仕事率 P は？

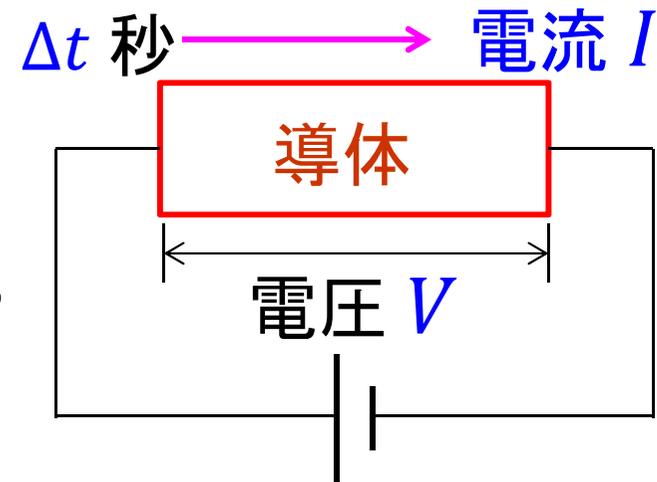
$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{I\Delta t \cdot V}{\Delta t} = IV$$



◇電力

(テキスト p.71)

$$\text{電力 } P = IV \quad [\text{W}]$$



導体に電流を流すと熱を発生する。

ジュール熱

電気ヒーターの原理

送電のとき, 送電線での発熱は無駄なエネルギー消費

電流を Δt 秒間流したときの発熱量 Q [J]

$$Q = P\Delta t = IV \cdot \Delta t$$

練習 抵抗値 5.5Ω の導体に, 110V の電圧を加えたときの消費電力は 2200W であった。

5分間電圧を加え続けたとき発生するジュール熱は?

$$Q = P\Delta t = 2200\text{W} \times 300\text{s} = 6.6 \times 10^5\text{J}$$

◇電力

(テキスト p.69)

$$\text{ジュール熱 } Q = P\Delta t = IV \cdot \Delta t \quad [\text{J}]$$

自由電子の運動から
ジュール熱 Q を考えよう

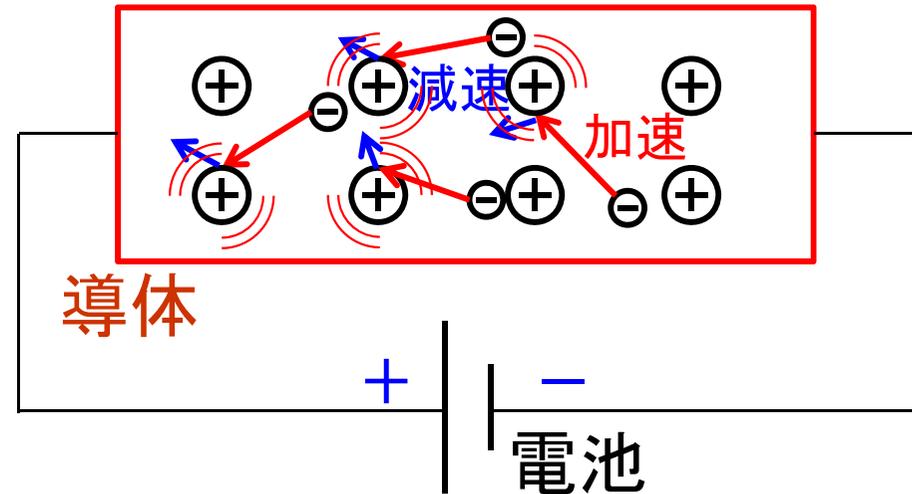
導体に電圧を加える
(電気エネルギー)

自由電子が**加速**される
(運動エネルギー)

自由電子が陽イオンと**衝突**
(電流が導体に**仕事**をする)

陽イオンが**振動**
(ジュール**熱**の発生)

熱と仕事・エネルギーの関係は、基礎物理Bで詳しく学ぶ



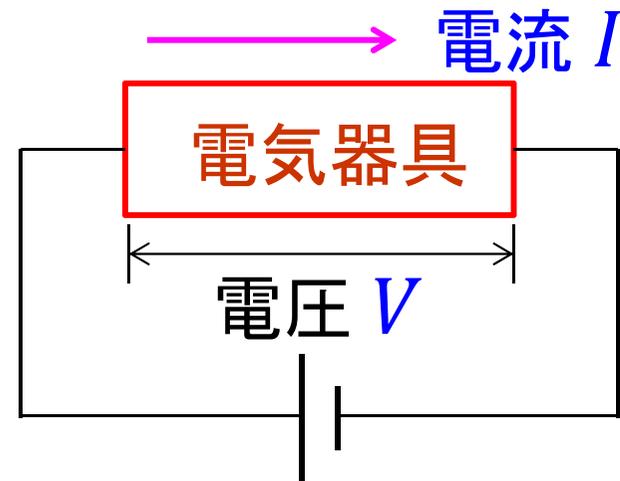
◇電力

(テキスト p.68～69)

電流は仕事をする。

熱・光・力学的エネルギーなど
に変換して利用

$$\text{電力 } P = IV \quad [\text{W}]$$



電流50Aの契約で100Vの電気を使っている家庭は、最大何ワット[W]までの電気製品を使えるか？

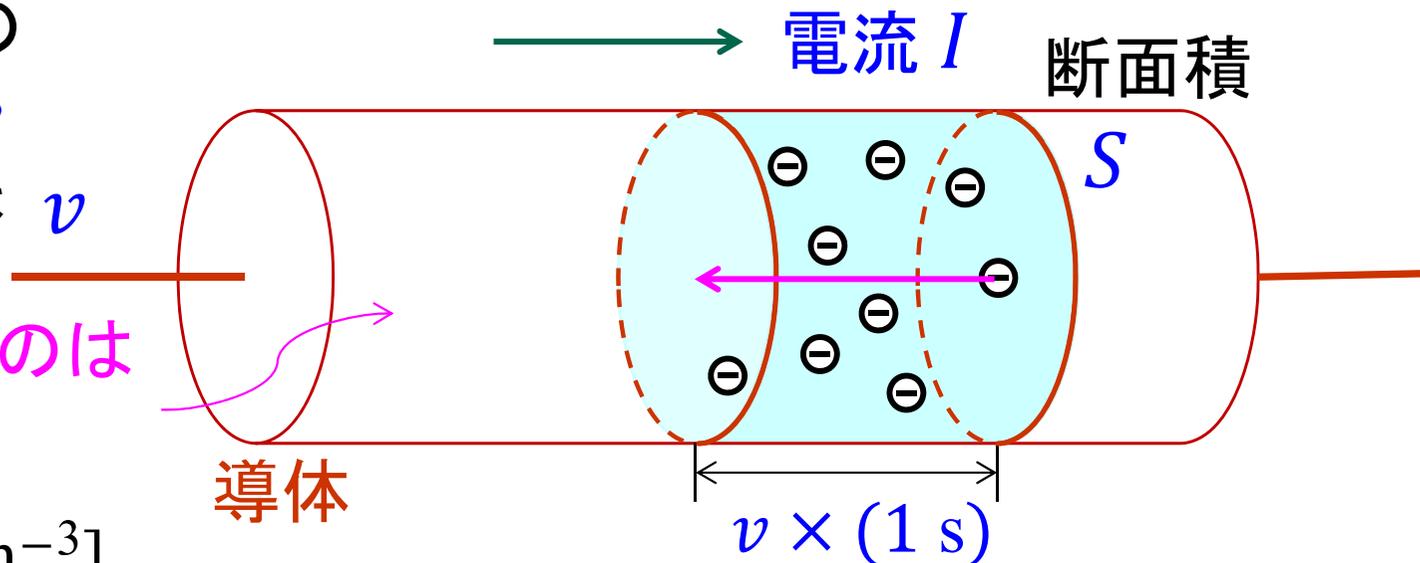
電気料金の請求書にある[kWh] (キロワット時)は何の単位か？

電気製品のカタログを見たら、
600W(ワット)の電子レンジの消費電力が1200Wだった。
この違いは何？ 電気代に関係するのはどちら？

◇電流と自由電子の運動の関係 (テキスト p.70~71)

自由電子の
電気量 $-e$
平均の速さ v

通過したのは
何[C]?



数密度 n [m^{-3}]

: 単位体積 (1 m^3) あたりに含まれる自由電子の個数

1秒間に断面積を通過した(自由電子が占める)体積

$$S \times v \times (1 \text{ s})$$

1秒間に通過した自由電子の個数 $N = n \times vS$

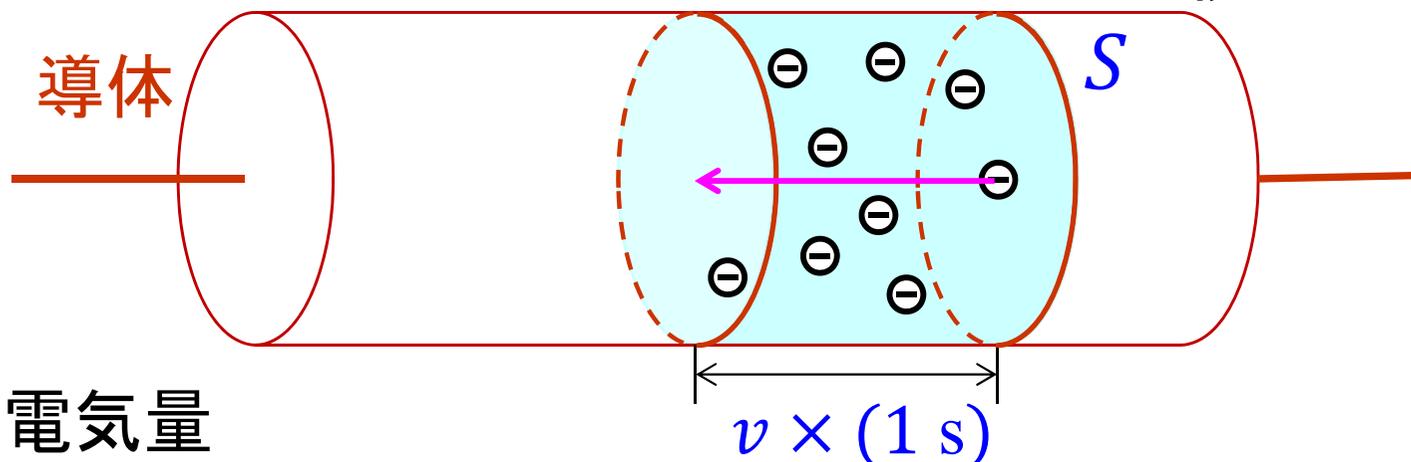
電流の強さ = 1秒間に通過した電気量 $I = eN = envS$

電流の強さ

$$I = envS$$

◇電流と自由電子の運動の関係 (テキスト p.70~71)

電流の強さ $I = envS$ \longrightarrow 電流 I 断面積



自由電子の電気量

$$-e = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$$

銅の数密度を $n = 8.4 \times 10^{28} \text{ [m}^{-3}\text{]}$ とする。

断面積 1.0 mm^2 , 長さ 2.0 m の銅線に 20 A の電流が流れている。自由電子の平均の速さ v を求めよ。

$$I = envS \text{ より } v = I / (enS)$$

$$v = \frac{20 \text{ A}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 8.4 \times 10^{28} \text{ m}^{-3} \times 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ [m/s]}$$

◇直列接続と並列接続

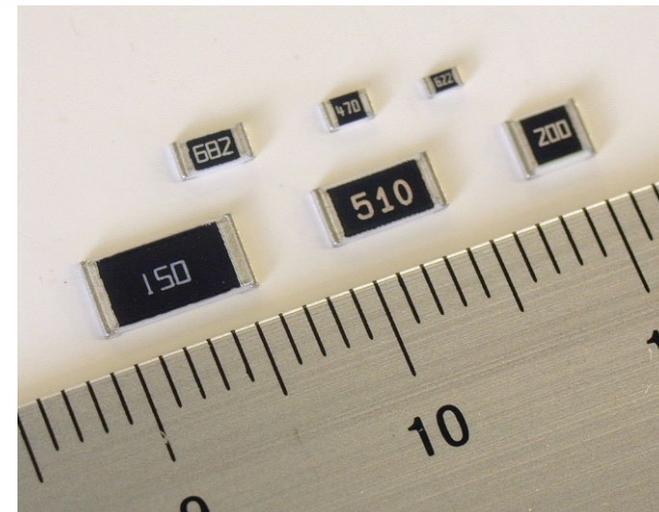
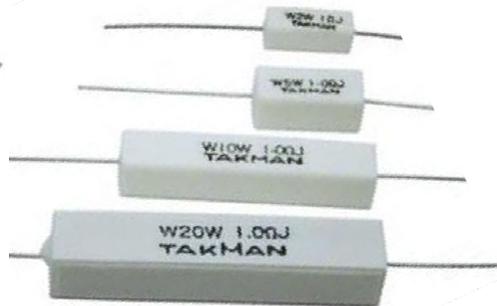
(テキスト p.72~73)

オームの法則

$$V = RI$$

抵抗器(抵抗)

回路記号:



◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72~73)

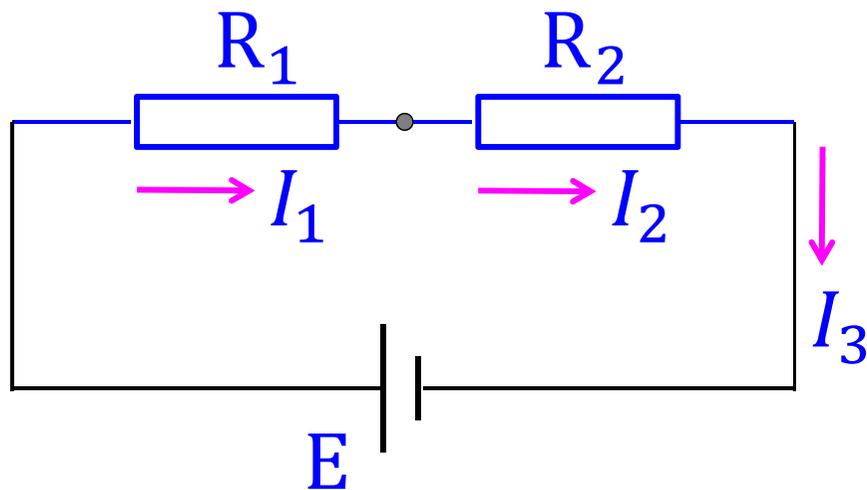
オームの法則

$$V = RI$$

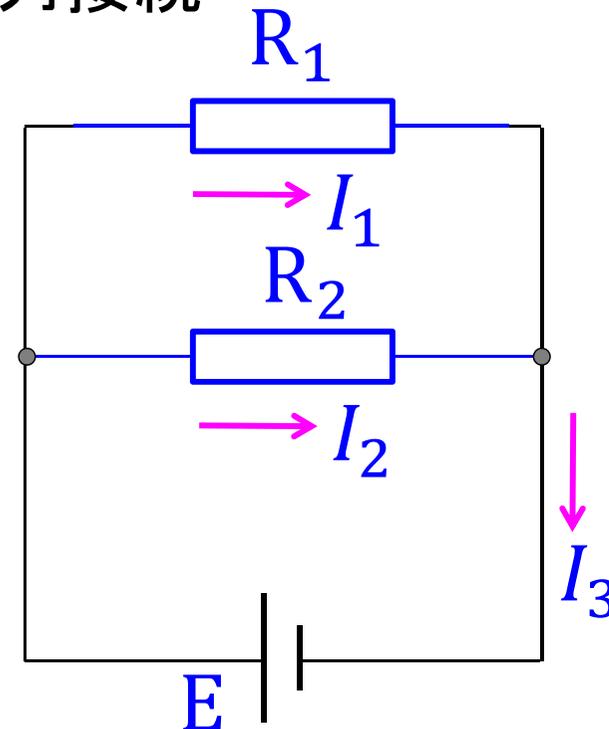
抵抗器(抵抗)

回路記号: 

直列接続



並列接続



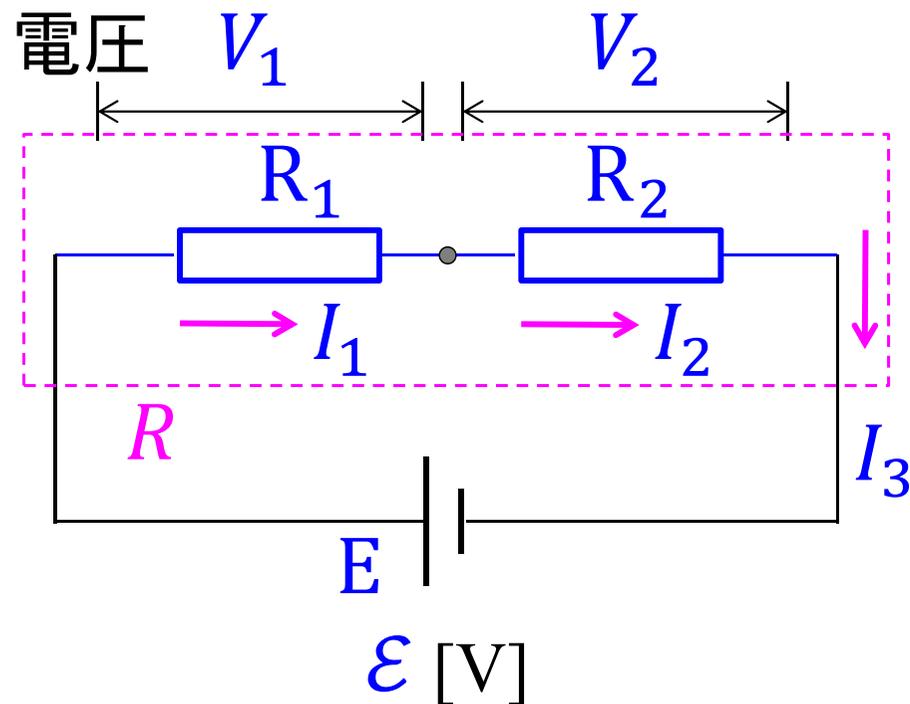
◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72~73)

オームの法則

$$V = RI$$

直列接続



電流について

$$I_1 = I_2 = I_3$$

の関係が成り立つ。

オームの法則より

$$V_1 = R_1 I_1, V_2 = R_2 I_2$$

電圧について

$$\mathcal{E} = V_1 + V_2$$

の関係が成り立つ。

したがって,

$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= R_1 I_1 + R_2 I_2 \\ &= (R_1 + R_2) I_3 \\ &= R I_3\end{aligned}$$

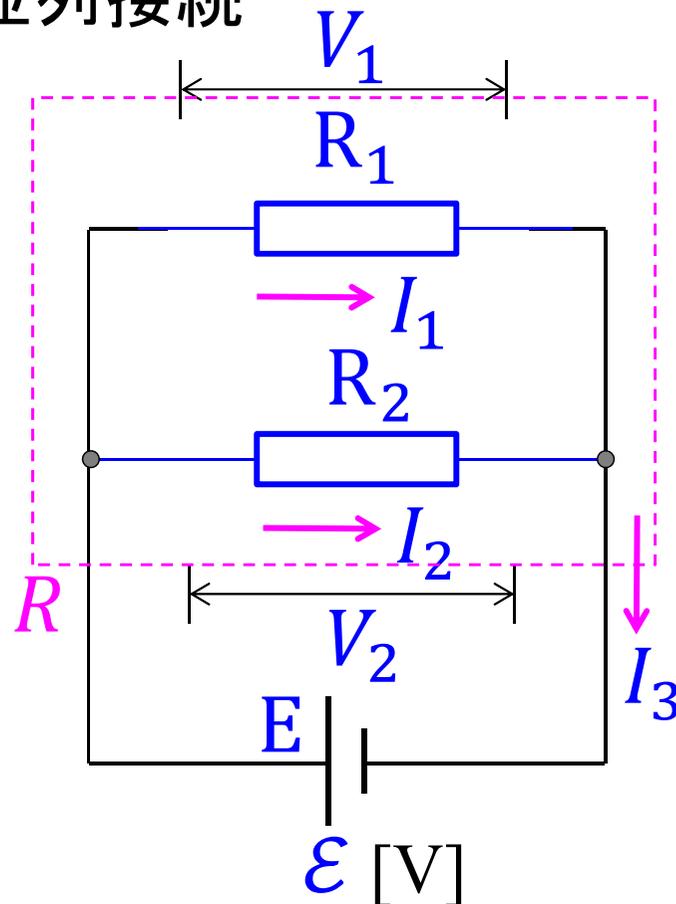
◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72~73)

オームの法則

$$V = RI$$

並列接続



電流について

$$I_3 = I_1 + I_2$$

の関係が成り立つ。

オームの法則より

$$V_1 = R_1 I_1, V_2 = R_2 I_2$$

電圧について

$$\epsilon = V_1 = V_2$$

の関係が成り立つ。

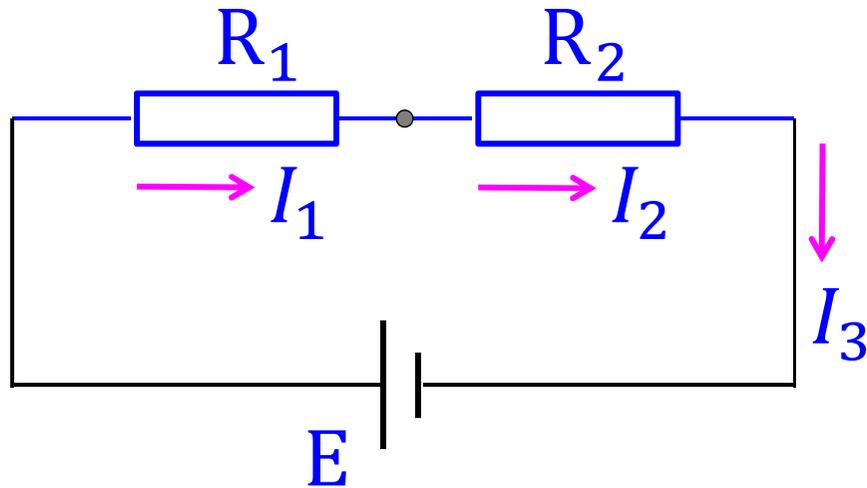
したがって,

$$\begin{aligned} I_3 &= V_1/R_1 + V_2/R_2 \\ &= \epsilon \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \epsilon \frac{1}{R} \end{aligned}$$

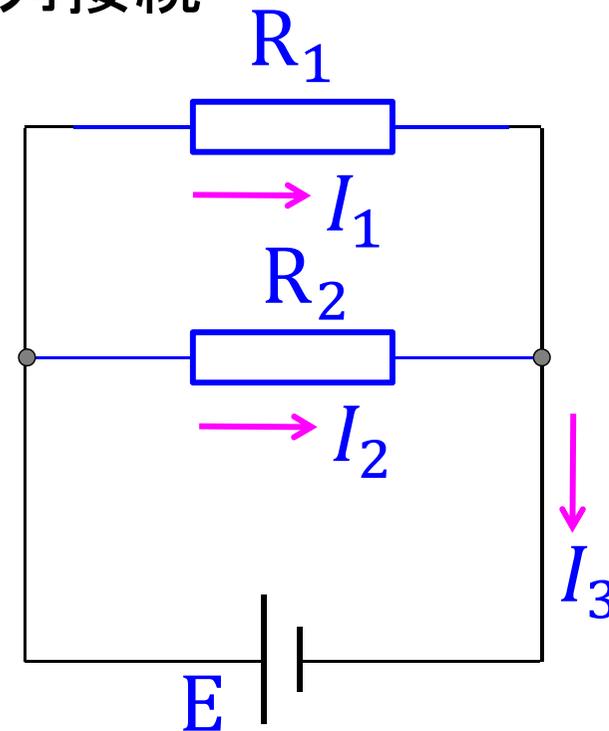
◇直列接続と並列接続

(テキスト p.72~73)

直列接続



並列接続



$$R_1 = 40.0 \Omega, R_2 = 10.0 \Omega, \quad \mathcal{E} = 100\text{V}$$

とする。それぞれの回路で I_1, I_2, I_3 を求めよ。

- ・レポート問題（解答用紙付き）
を必ず持って帰ること