

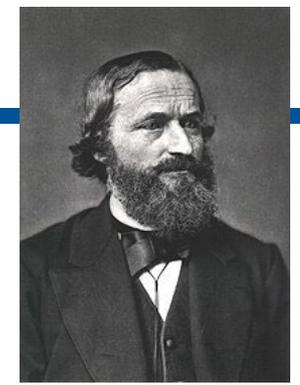
# 基礎物理学 II

## (第6回) 電気回路の基礎(2)

### 【今日の内容】

- キルヒホッフの法則
- ジュール熱
- 電力量と電力

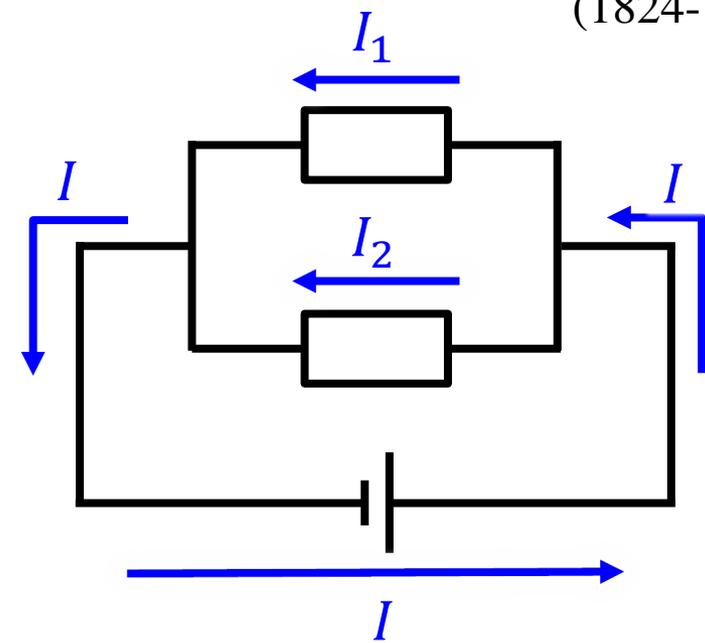
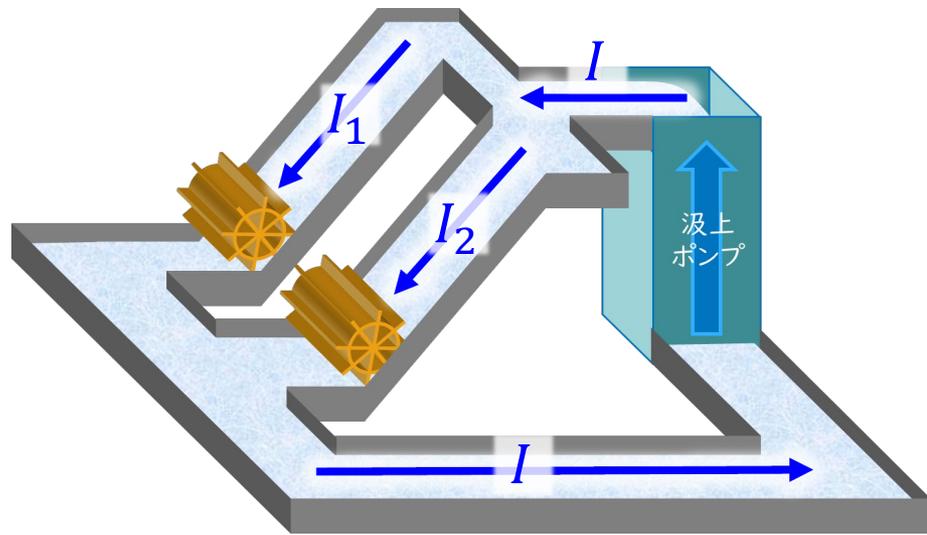
# キルヒホッフの法則



Gustav Kirchhoff  
(1824-1887)

## 第1法則 (電流則)

「回路網の任意の交点で  
流出、流入する電流の和はゼロ(0)である」

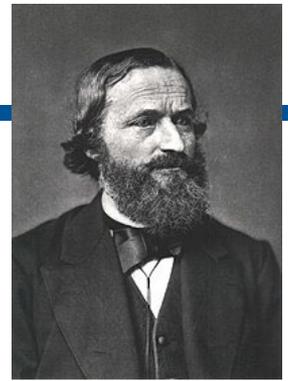


(電流保存の法則)

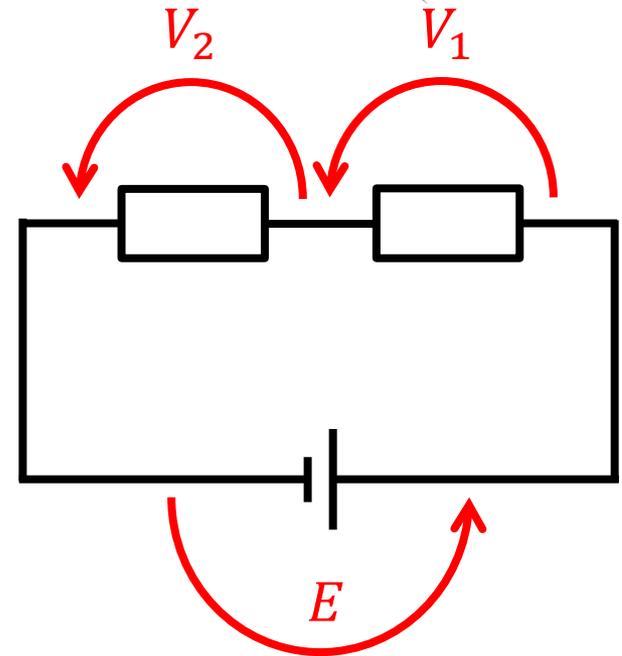
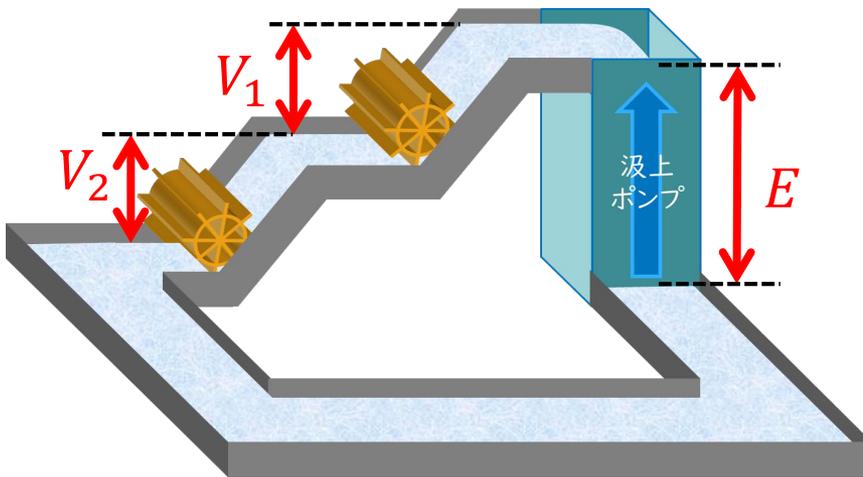
# キルヒホッフの法則

## 第2法則（電圧則）

「回路網の中の任意の閉回路を一巡するとき、  
起電力の総和と電圧降下の総和は等しい」



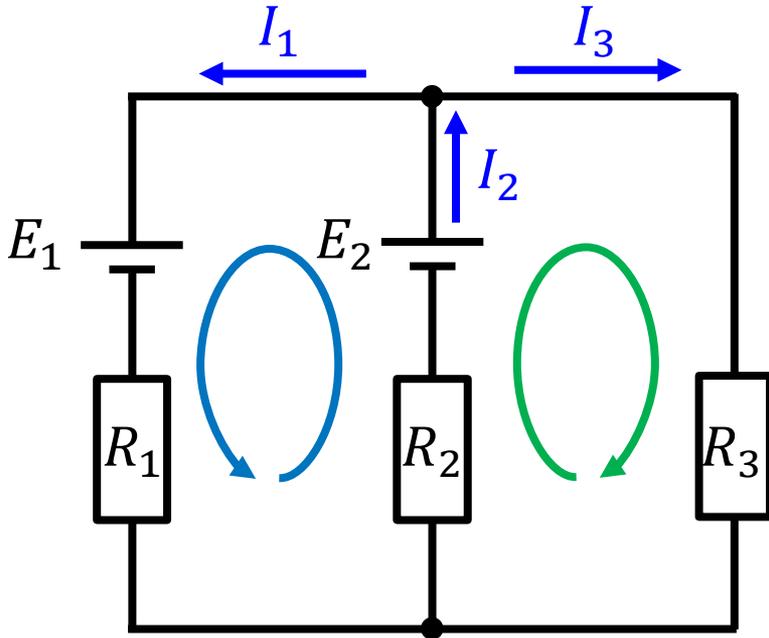
Gustav Kirchhoff  
(1824-1887)



# 例題1 [キルヒホッフの法則]

下の図の回路において、電流  $I_1, I_2, I_3$  を求めよ。ただし、電池の内部抵抗は無視する。

$E_1 = 8$  [V],  $E_2 = 13$  [V],  $R_1 = 4$  [ $\Omega$ ],  $R_2 = 10$  [ $\Omega$ ],  $R_3 = 5$  [ $\Omega$ ] とする。



第1法則から  $I_2 = I_1 + I_3 \cdots (1)$

左側のループについて第2法則から

$$E_2 - E_1 = I_1 R_1 + I_2 R_2$$

$$-5 = 4I_1 + 10I_2 \cdots (2)$$

右側のループについて第2法則から

$$E_2 = I_3 R_3 + I_2 R_2$$

$$10 = 10I_2 + 5I_3 \cdots (3)$$

(1)~(3)より

$$\underline{I_1 = -0.5 \text{ [A]}}$$

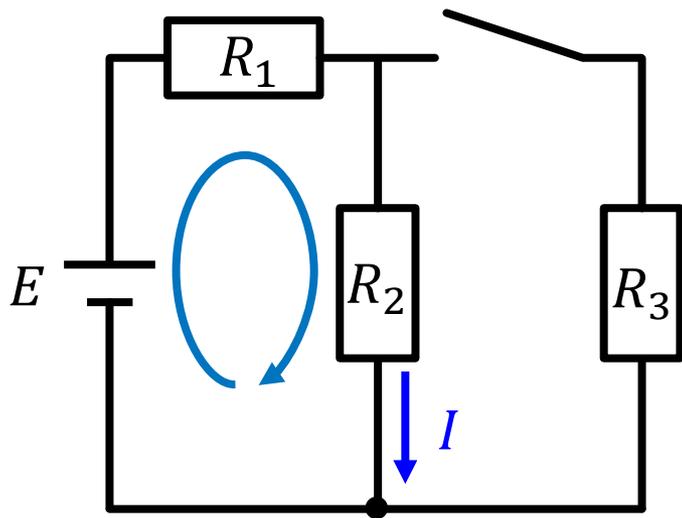
$$\underline{I_2 = +0.7 \text{ [A]}}$$

$$\underline{I_3 = +1.2 \text{ [A]}}$$

# 演習1 [キルヒホッフの法則]

下の図の回路において、スイッチを入れる前の電流  $I$ 、入れた後の電流  $I_1, I_2, I_3$  を求めよ。 $E = 120$  [V],  $R_1 = 10$  [ $\Omega$ ],  $R_2 = 20$  [ $\Omega$ ],  $R_3 = 10$  [ $\Omega$ ] とする。

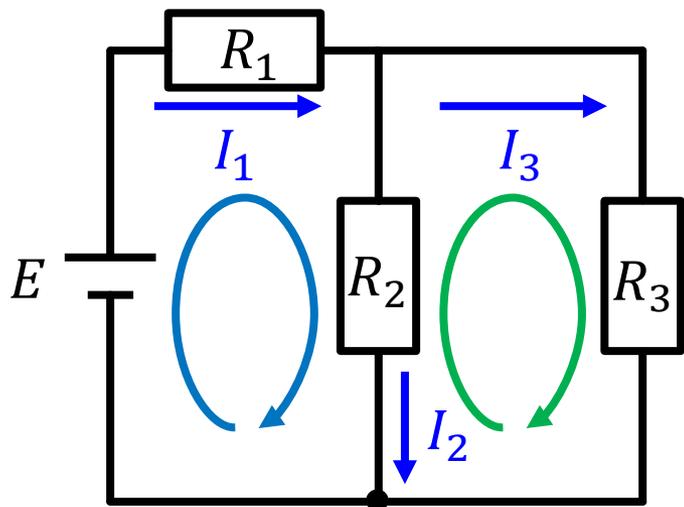
【スイッチ入れる前】



# 演習1 [キルヒホッフの法則]

下の図の回路において、スイッチを入れる前の電流  $I$ 、入れた後の電流  $I_1, I_2, I_3$  を求めよ。 $E = 120 [V], R_1 = 10 [\Omega], R_2 = 20 [\Omega], R_3 = 10 [\Omega]$  とする。

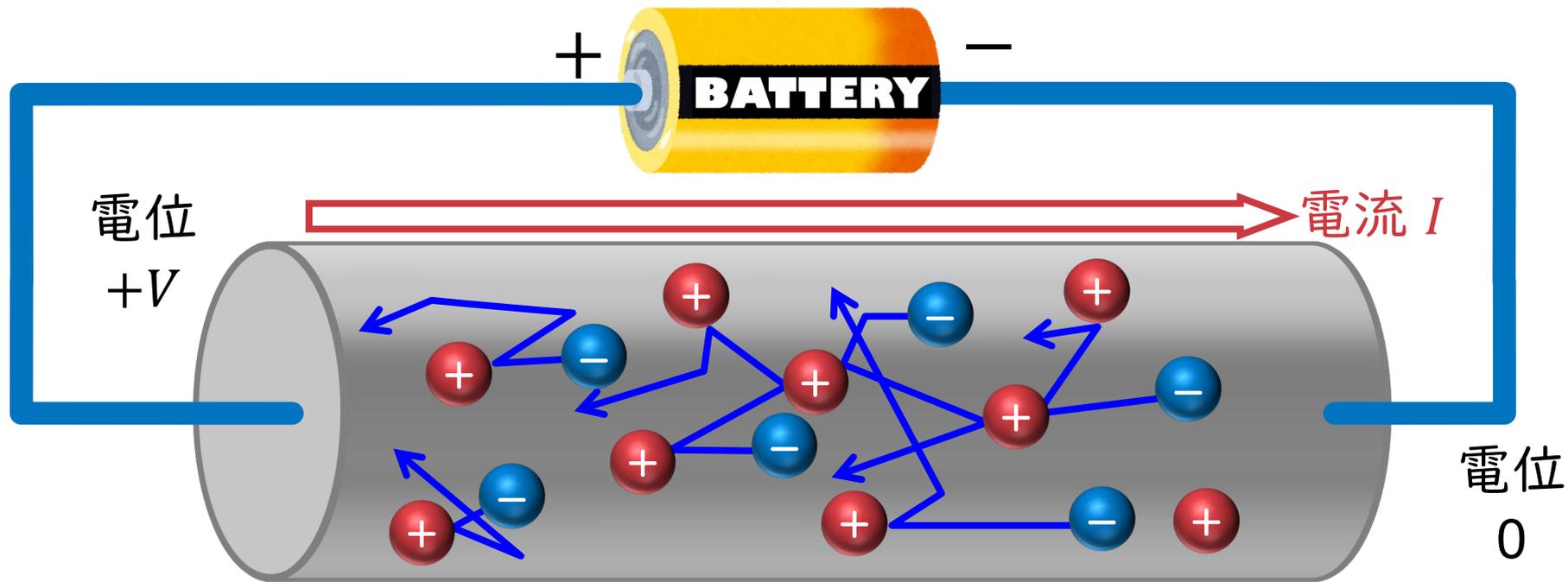
【スイッチ入れた後】



ここで本当に学んでほしいことはキルヒホッフの法則で式を立てることや計算できることではなく、実際に実験対象に電流を流す際の電流の調整を自分で考えられるようになることである。

この問題では  $R_2$  が実験対象だとして、本来流れていた電流  $4 [A]$  を下げたいときに  $R_3$  という抵抗を並列に入れることで流れる電流を  $2.4 [A]$  に減らすことができることを表している。

# ジュール熱

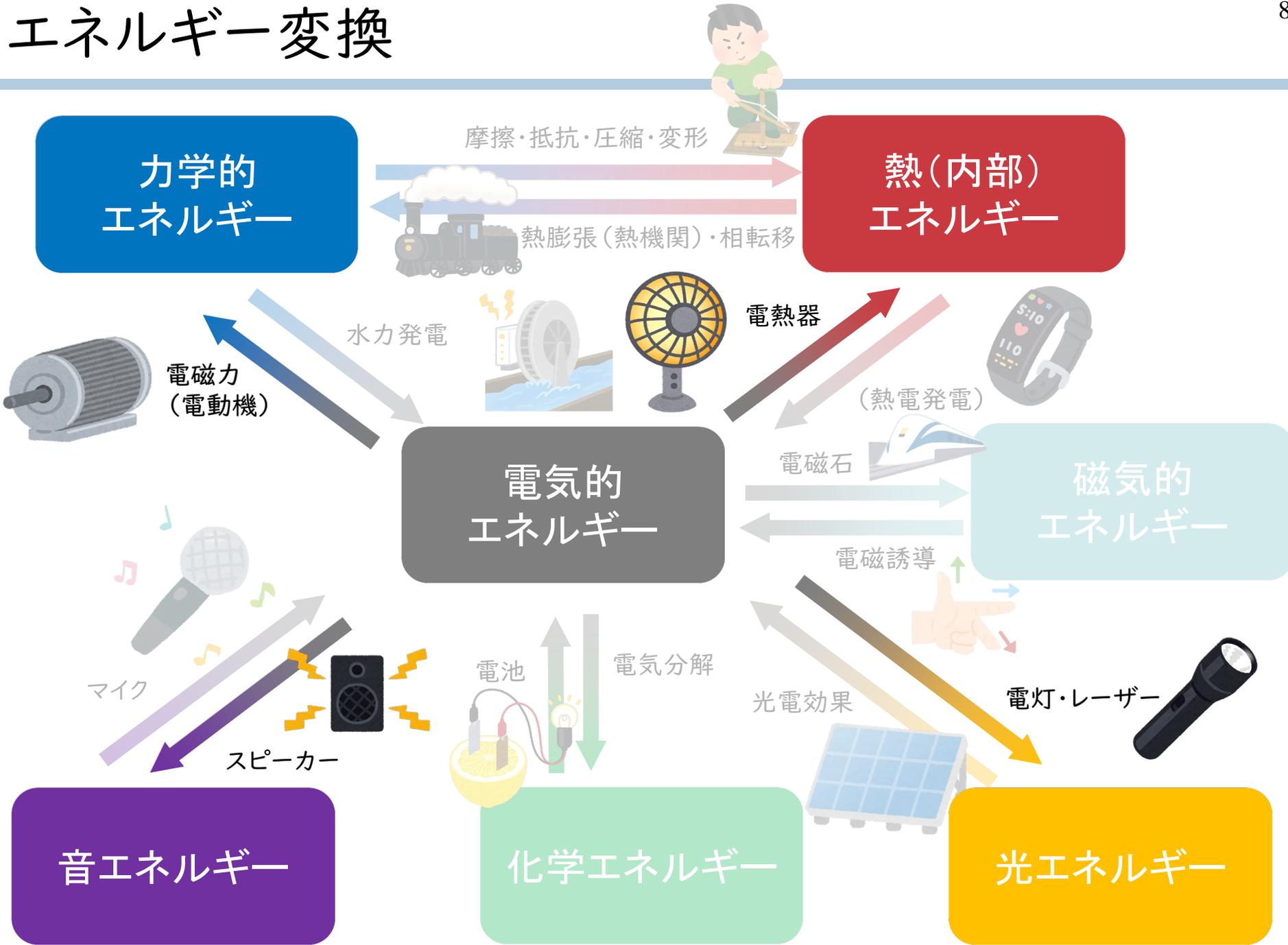


自由電子は電場によって加速され、陽イオンと衝突して激しく振動させる。このとき電子が失った運動エネルギーは陽イオンの熱エネルギーに変換される。いま、抵抗 $R$ の両端に電圧 $V$ を印加して電流 $I$ が流れたとする。時間 $t$ の間に $q = It$ の電荷が移動するので、電荷が電界から受け取るエネルギー $W$  [J]は

$$W = qV = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

衝突後、電子の運動エネルギーはすべて陽イオンの熱エネルギーに変換されると考えてよく、この熱のことを                      という。

# エネルギー変換



# 電力量と電力

電気エネルギー（電流がする仕事）はジュール熱を介した熱エネルギーだけでなく

- モーターなどの電動機を介した      力学的エネルギー
- 電灯やレーザーなどを介した      光エネルギー
- スピーカーを介した      音エネルギー

などに変換される。これらの場合においてもその仕事 $W$ [J]は、

$$W = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t$$

これら電気によってなされる仕事 $W$ [J]を                      よぶ。

単位時間あたりの電流のする仕事、すなわち仕事量を                      とよび、 $P$ [W]で表す。

$$P = \frac{W}{t} = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \quad 1[\text{W}] = 1[\text{V} \cdot \text{A}] = 1[\text{J}/\text{s}]$$

この他に 1kW の電力が1時間にする仕事である                      [kWh] という単位も使われる。

$$1[\text{kWh}] = 10^3 [\text{J}/\text{s}] \times 3600[\text{s}] = 3.6 \times 10^6 [\text{J}]$$

## 例題2 [ジュール熱、電力量、電力]

100V用500Wの電気ヒーターの抵抗はいくらか。また100Vで1分間に発生するジュール熱はいくらか。この電気毛布を200Vの電圧で用いると、消費する電力はいくらか。

電力500Wの電熱器を100Vに接続しているので、

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{より} \quad R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{500} = 20 \text{ } [\Omega]$$

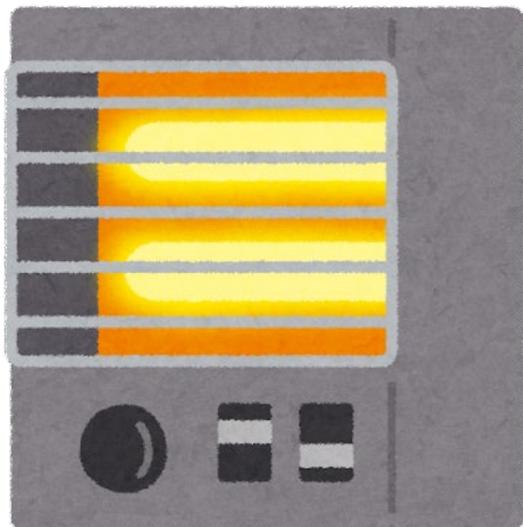
電力500Wの電熱器を60 [s] 通電しているので

$$W = Pt \quad \text{より} \quad W = 500 \times 60 = \underline{3 \times 10^4 \text{ [J]}}$$

抵抗20Ωの電熱器を200Vに接続しているので、

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{より} \quad P = \frac{200^2}{20} = \underline{2000 \text{ [W]}}$$

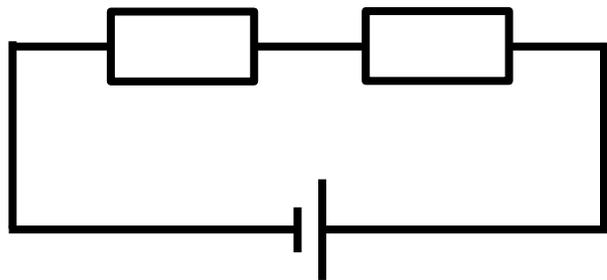
100V用のヒーターを200Vに接続すると、流れる電流は、 $I = \frac{V}{R}$  より 5 [A]から10 [A]に増加する。100V用に設計された器具や装置を200Vに接続した場合、2倍の電流に耐えられずに故障や発火する可能性がある。



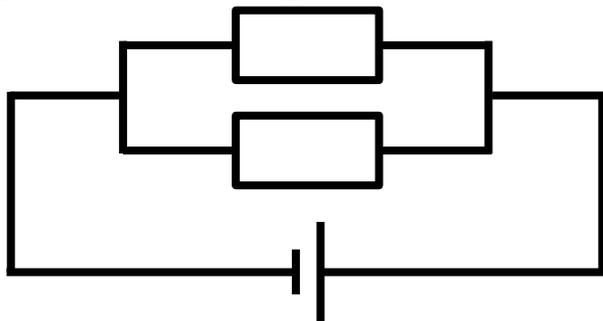
## 演習2 [ジュール熱、電力量、電力]

1. 100V用1kWのヒーター2本を(a)直列に、または(b)並列に接続して100Vの電源に接続した。それぞれの場合の消費電力はいくらか。

【直列に接続】



【並列に接続】



## 演習2 [ジュール熱、電力量、電力]

2. 1.のヒーターを使ってお湯を沸かす。最初  $10^{\circ}\text{C}$  であった1L水が沸騰するまでにおよそ何分かかるか。また水の比熱を  $4.186 \text{ [J/g}\cdot\text{K]}$  であり、発生するジュール熱の80%が有効に使われるとする。

