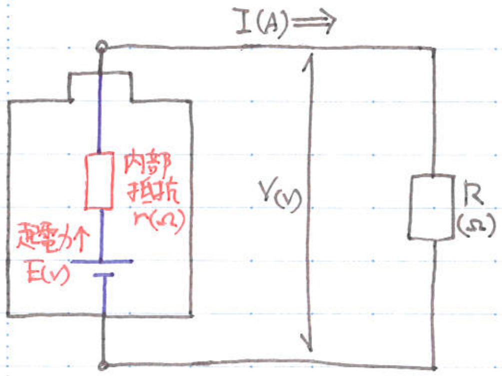
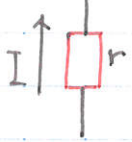
5 電池の接続

○ 電池の内部抵抗と端子電圧



厳密には左図の様に
電源内部には $\boxed{\text{内部抵抗}}$ がある。

起電力 E(V) の電池に抵抗 R をつないだ回路について、
回路に電流 I(A) が流れたとする。



抵抗内を電流が流れると電圧降下する

↓

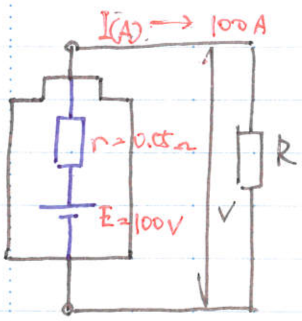
電圧降下 = 抵抗の両端電圧

オームの法則より r·I

ゆえに、$\boxed{\text{電池の両端電圧}}$ = $\boxed{\text{起電力が内部抵抗で電圧降下したもの}}$

$$V = E - r \cdot I$$

練習 P39・例14 電池の端子電圧を求める。



端子電圧 V は
起電力から内部抵抗の電圧降下を引いた
ものなので

$$
\begin{aligned}
V &= E - r \cdot I \\
&= 100 - 0.05 \cdot 100 \\
&= 95\ (\mathrm{V})
\end{aligned}
$$

6 キルヒホッフの法則

回路に流れる電流・電圧に関する決まり事。
オームの法則だけでは求められない様な回路網に用いる。

キルヒホッフの法則

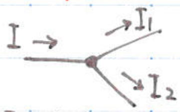
① 回路内の分岐点・合流点において、
流れ出る電流の和 と 流れ込む電流の和 は 等しい。

→ キルヒホッフの第1法則（電流則ともいう）

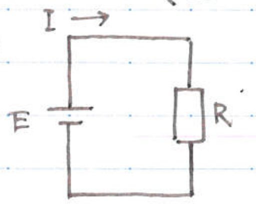
② 回路中の任意の閉回路において、
起電力の総和 と 電圧降下の総和 は 等しい。

→ キルヒホッフの第2法則（電圧則ともいう）

ポイント 難しく聞こえるが、実は今までの学習で
すべて出ている内容です

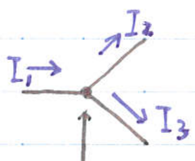
①


$$\underbrace{I}_{\text{流れ込む電流の和}} = \underbrace{I_1 + I_2}_{\text{流れ出る電流の和}}$$

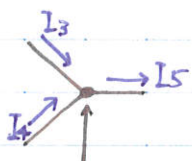
②


$$\underbrace{E}_{\text{起電力の和}} = \underbrace{R \cdot I}_{\text{電圧降下の和}}$$

○ **キルヒホッフの第1法則**



分岐点（合流点）



分岐点（合流点）

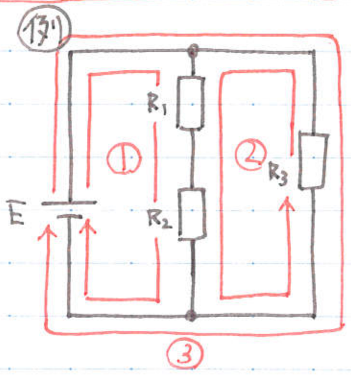
$I_1 = I_2 + I_3$　　　$I_5 = I_3 + I_4$

> 回路内の分岐点・合流点において、
> 流れ出る電流の和 と 流れ込む電流の和は 等しい

○ キルヒホッフの第2法則

回路中の任意の閉回路において、
起電力の総和と電圧降下の総和は等しい

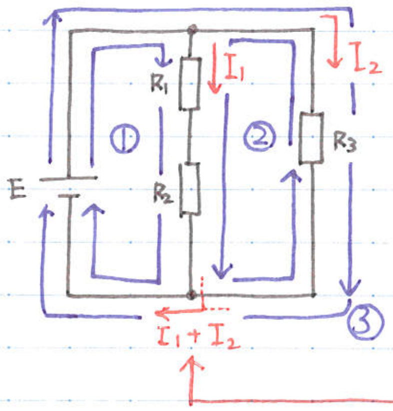
解釈のポイント … 任意の閉回路

例


閉回路とは「閉じた(輪になった)回路」
任意のとは「自分で選んだ」という意味

第2法則を左図に適用する場合、
閉回路は①〜③の3つ考えられる。
ここから使う閉回路を選ぶことになる。

以上を頭に入れた上で第2法則を考えていく。



[1] 抵抗を流れる電流の大きさ・向きを文字でおく。
(問題によっては与えられる)
第1法則を使っています。

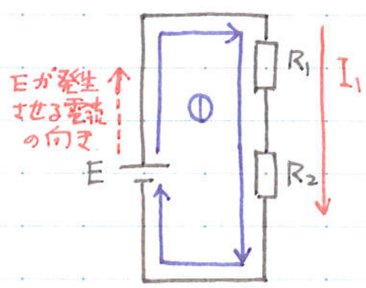
[2] 閉回路を考える。
(注「時計回り」「反時計回り」と閉回路をたどる向きもつける事)
↳たどる向きは自由で良い。

大変間違いやすい! 注意!! → [3] 各閉回路に第2法則を使う

注 閉回路をたどる向き と 起電力が発生させる電流の向き / 抵抗を流れる[1]の電流の向き が逆の時

⇒ その起電力の値や電圧降下の値にマイナスをつける。

閉回路①について

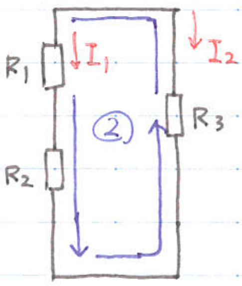


○起電力の総和
閉回路をたどる向き = 起電力が発生させる電流の向き
よってマイナスをつけず E —ⓐ

○電圧降下の総和
閉回路をたどる向き = 抵抗を流れる電流の向き
よってマイナスをつけず $R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_1$ —ⓑ

ⓐⓑより $E = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_1$

閉回路② について



○起電力の総和

起電力がないので 0 ―― ⓒ

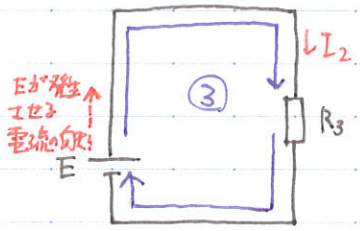
○電圧降下の総和.

閉回路をたどる向きと
抵抗を流れる電流の向きが逆であれば
電圧降下の値にマイナスをつける.

よって $R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_1 - R_3 \cdot I_2$ ―― ⓓ

ⓒⓓより $0 = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_1 - R_3 \cdot I_2$

閉回路③ について



○起電力の総和

閉回路の向き＝起電力の電流の向き
なのでマイナスをつけず E ―― ⓔ

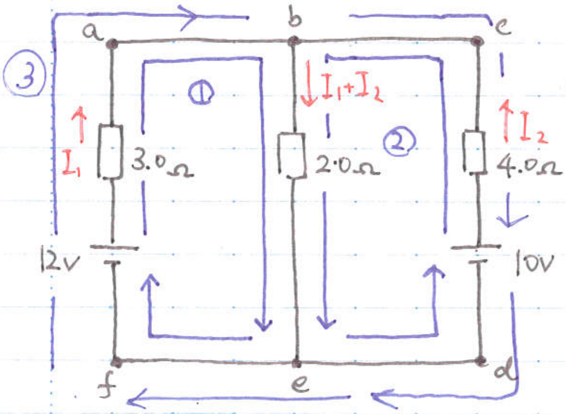
○電圧降下の総和.

閉回路の向き＝抵抗を流れる電流の向き
なのでマイナスつけず $R_3 \cdot I_2$ ―― ⓕ

ⓔⓕより $E = R_3 \cdot I_2$

[4] 閉回路①～③で立てた方程式を
解くことで 回路の電流値等が分かる.

○ キルヒホッフの練習問題



図のように起電力12V、10Vの電源と、3.0Ω, 2.0Ω, 4.0Ωの抵抗からなる回路がある。それぞれの抵抗を流れる電流の値を求めよ。

[1] 抵抗を流れる電流の大きさと向きを文字でおく。
各起電力から 12V → I_1 , 10V → I_2 が流れるとする。
I_1 と I_2 は b で合流するので、2.0Ω には I_1+I_2 が流れるとする（キルヒホッフ第1法則）

[2] 閉回路を考える。
図①～③の通り。

[3] 閉回路に対し、第2法則を使う。

◎ 閉回路①について

$$12 = 3.0\times I_1 + 2.0(I_1+I_2)$$
$$12 = 5.0 I_1 + 2.0 I_2 \quad \cdots ⓐ$$

◎ 閉回路②について

$$10 = 4.0 I_2 + 2.0(I_1+I_2)$$
$$10 = 2.0 I_1 + 6.0 I_2 \quad \cdots ⓑ$$

[4]

ⓐ×3 −2

$$36 = 15.0 I_1 + 6.0 I_2$$
$$-)\ 10 = 2.0 I_1 + 6.0 I_2$$
$$26.0 = 13.0 I_1 \qquad \therefore I_1 = 2.0(A) \text{ — ⓒ}$$

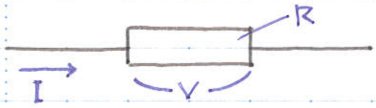
ⓒをⓐに代入して $2.0 I_2 = 12 - 5.0\times 2.0$

$$\therefore I_2 = 1.0(A)$$

電力と熱エネルギー

1 電流の発熱作用

○ ジュール熱



抵抗に電流を流す ⇒ 熱 発生
‖
ジュール熱 という

※補足…電流(電荷)が抵抗中の物質とぶつかると
物質の運動が盛んになり、熱がでる。

$$\boxed{\text{ジュール熱}(Q) = I \cdot V \cdot t \quad (J:\text{ジュール})}$$

※抵抗Rに電圧Vをかけ、t秒間電流Iを流した時のジュール熱Q

オームの法則から $V = I \cdot R$ ①, $I = \frac{V}{R}$ ② なので

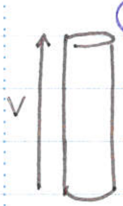
①から $Q = I \cdot I \cdot R \cdot t = I^2 R t$

②から $Q = \frac{V}{R} \cdot V \cdot t = \frac{V^2}{R} t$

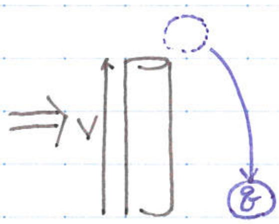
など、色々な表し方がある。

以前学習した「電気量(電気的な力の大きさ)」でジュール熱を考える。
電気量 $q = It$ (C) と表される。

$q = It$



ポンプによりVの高さまで上がったqが抵抗を通ると…



高さVだけ q が落ちる。

このとき 落下したエネルギー $V \times (I \cdot t)$ が ジュール熱

○ 電力と電力量

電流が一秒間あたりにする仕事を電力(P)という。

仕事率という。

$Q = IVt$ ジュール熱なので

$$\boxed{電力\ P = \frac{Q}{t} = IV\ [J/s]}$$

一秒あたりのジュール熱

※単位の[J/s]は一般的にはW(ワット)の方が用いられる。

確認 $J/s = W$ ジュールパーセコンド = ワット。

電力に使用した時間をかけると、仕事の量が分かる。
電力量(W)という。

注 電力量を表す記号(W)と電力の単位(W)
まぎらわしいので気をつける。

$$\boxed{電力量\ W = P \cdot t = IVt\ [J]}$$

(動)・(秒)

電力に使用した時間をかけるだけ。

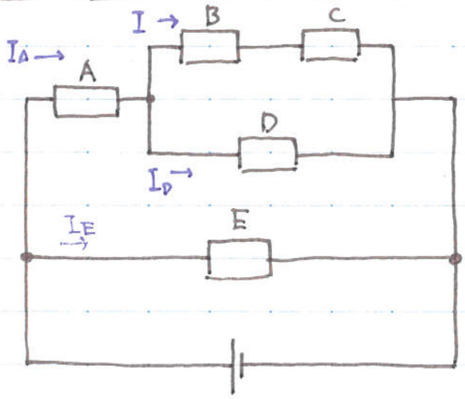
※単位[J]は他に[W・s]という表現もある。

補足 ジュール熱(Q) = $I \cdot V \cdot t$ (J)
電力量(W) = $I \cdot V \cdot t$ (J)
同じ式!!

ジュール熱は発生する熱を表す。
電力量は発生する熱や光・音・動力を表す。

抵抗のみの回路ではエネルギーは熱にしか変換されない。
(光や音として損失がないから)
ジュール熱 = 電力量となる。

練習問題



抵抗値が同じ抵抗A~Eからなる回路がある。同じ時間電流を流した時、各抵抗のジュール熱で、最も大きいものは最も小さいものの何倍となる。

(解) ジュール熱 $Q = \frac{V^2}{R}t$ なので最大の電圧がかかる抵抗Eのジュール熱が最大。(A~Dは分圧している)

抵抗B−Cの電圧とDの電圧は同じ。
よって $V_D = V_B + V_C$ だから
$Q = \frac{V^2}{R}t$ より 抵抗Dのジュール熱が最小ではない。

抵抗Aに流れる電流が枝分れして抵抗B−Cに流れている。
ジュール熱 $Q = I^2Rt$ なので 抵抗B, Cのジュール熱が最小
B, Cには同じ電流が流れるのでジュール熱も同じ。

オームの法則
$V = R \cdot I$

抵抗Dにかかる電圧と抵抗B, Cにかかる電圧の和は等しいので、
抵抗B・Cに流れる電流をIとすると、

$$R \cdot I_D = R \cdot I + R \cdot I = R \cdot 2I \qquad \therefore I_D = 2I$$

電流則 → キルヒホッフの第一法則より $I_A = I_D + I = 3I$

抵抗Eにかかる電圧と抵抗A, Dにかかる電圧の和は等しい。

$$R \cdot I_E = R \cdot I_A + R \cdot I_D = R \cdot 3I + R \cdot 2I = R \cdot 5I$$

$$\therefore I_E = 5I$$

$Q = I^2Rt$

求める値 $\frac{Q_E}{Q_B} = \frac{I_E^2 \cdot R \cdot t}{I^2 \cdot R \cdot t} = \frac{(5I)^2}{I^2} = \frac{25I^2}{I^2} = 25$ (倍)

電気抵抗

1 抵抗と温度

○ 非直線抵抗

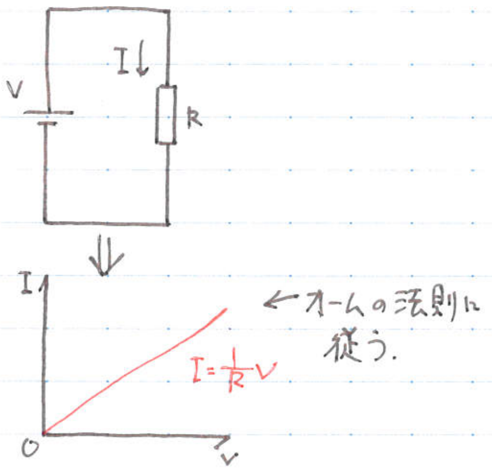
白熱電球や電球は電流を流すと温度が大きく上がり抵抗値が大きく変わる

⇓

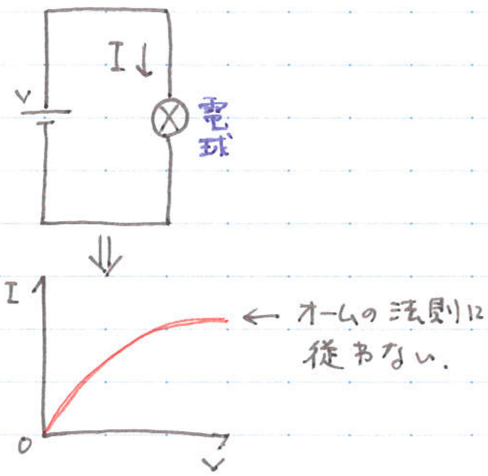
$\boxed{\text{非直線抵抗}}$ という。

※ポイント…抵抗は温度の影響を受けます。

普通の抵抗



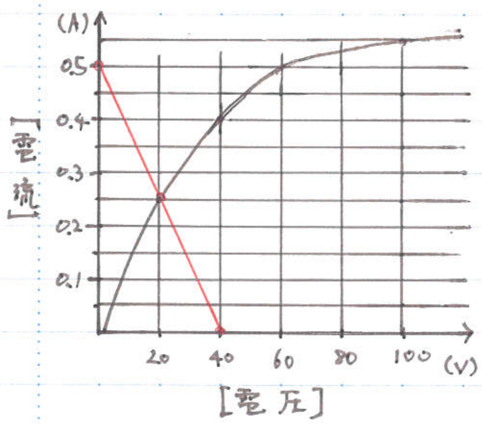
非直線抵抗

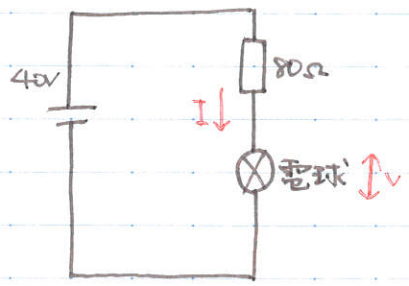


グラフが直線にならないので「非直線抵抗」という。

ポイント 非直線抵抗の問題は $\boxed{\text{グラフ}}$ から答えを導きます。

練習問題

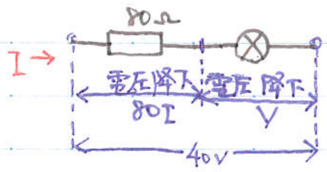




グラフは回路中の電球の電流-電圧特性を示したものである。
図の様に回路を作った場合、電球を流れる電流と
加わる電圧はいくらか。

解 電球に流れる電流をI、かかる電圧をVとすると、

$V=R\cdot I$



$$40 = 80\cdot I + V$$

$$\therefore\ I = -\frac{V}{80} + \frac{1}{2} \quad \text{—①}$$

①をグラフに書くと上記朱線のようになる。

グラフの交点より求める $I = 0.25\,(A)$, $V = 20\,(V)$

ポイント ①の式とグラフ… 回路で成り立つ式とグラフ
"①のグラフ"と"特性グラフ"の$\boxed{\text{交点}}$とは、
両方を満たす事ができる条件(値)