

電磁気学編 ~ 目次 ~

1章 直流回路の基礎

1-1 オームの法則	8
1-2 オームの法則の応用	
1. 倍率器	11
2. 分流器	11
1-3 導体の抵抗	
1. 抵抗率と抵抗	12
2. 抵抗と抵抗温度係数	13
1-4 導体に流れる電流	14
1-5 キルヒホッフの法則	15
1-6 電力と電力量	
1. 電力	16
2. 電力量	17
章末問題	18

2章 静電気の基礎

2-1 静電気現象	
1. 摩擦電気と静電気	23
2. 静電誘導	23
2-2 静電気に関するクーロンの法則	
1. 静電力と電界	24
2. 静電力に関するクーロンの法則	24
3. 電界	25
4. 電気力線	26
5. 電束と電束密度	27
6. 電界内の電位	27
演習問題	29
2-3 コンデンサ	
1. コンデンサ	31
2. コンデンサの静電容量	31
3. コンデンサの接続	32
4. コンデンサに蓄えられるエネルギー	35

演習問題	36
章末問題	37

3章 磁気の基礎

3-1 磁 気	
1. 磁気誘導	40
2. 磁気に関するクーロンの法則	40
3. 磁 界	41
4. 磁力線	42
5. 磁束と磁束密度	43
3-2 電流の作る磁界	
1. アンペアの右ねじの法則	44
2. ピオ・サバールの法則	45
3. 磁気と静電気の比較	48
3-3 電 磁 力	
1. 電磁力	50
2. 電磁力の向き	50
3. 電磁力の大きさ	50
4. コイルに働く電磁力	51
3-4 電磁誘導	
1. 電磁誘導	53
2. レンツの法則	54
3. フララデーの法則	54
4. フレミングの右手の法則	55
5. 誘導起電力の大きさ	55
3-5 インダクタンス	
1. 自己インダクタンス	56
2. 相互インダクタンス	58
3. 電磁エネルギー	59

電子情報編 ~ 目次 ~

1章 導体と半導体

1-1 導体とは何か	64
1-2 半導体とは何か	67
1-3 真性半導体	67
1-4 P形半導体とN形半導体	68
練習問題	70

2章 ダイオードの特性と回路

2-1 ダイオード	72
2-2 ダイオードの原理	72
2-3 ダイオードの特性	74
2-4 簡単なダイオード回路	75
2-5 発光ダイオード	75
2-6 整流回路	76
練習問題	76

3章 トランジスタの特性と回路

3-1 トランジスタ	83
3-2 トランジスタの構成	83
3-3 トランジスタの動作原理	83
3-4 ベース接地回路とエミッタ設置回路	84
3-5 トランジスタの静特性	86
3-6 トランジスタ回路の設計	89
3-7 トランジスタの動作領域	91
3-8 バイアスと入力信号電圧と 出力信号電圧の関係	92
3-9 固定バイアス回路の設計	93
練習問題	94

4章 論理回路と演算

4-1 2進数・10進数・16進数 とビット、バイト	99
4-2 2進数の加減算	99
4-3 2の補数	100
4-4 基本論理回路と論理代数	101
4-5 演算回路の基礎（加算回路）	102
4-6 演算回路の応用 (減算回路と加減算切替回路)	104
4-7 フリップフロップ回路	105
4-8 タイムチャート	106
練習問題	107

5章 マイクロコントローラ

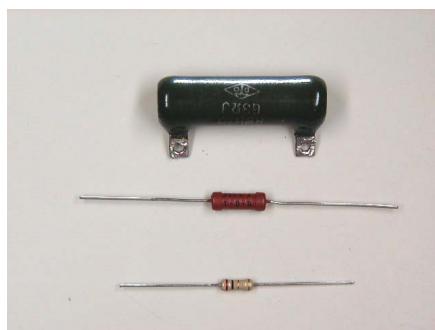
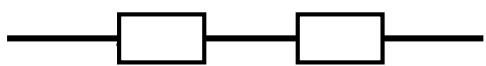
5-1 マイクロコントローラとは	112
5-2 Arduinoについて	112
5-3 デジタルとアナログ	113
5-4 Arduino IDE	114
5-5 プログラム例	114

6章 交流回路

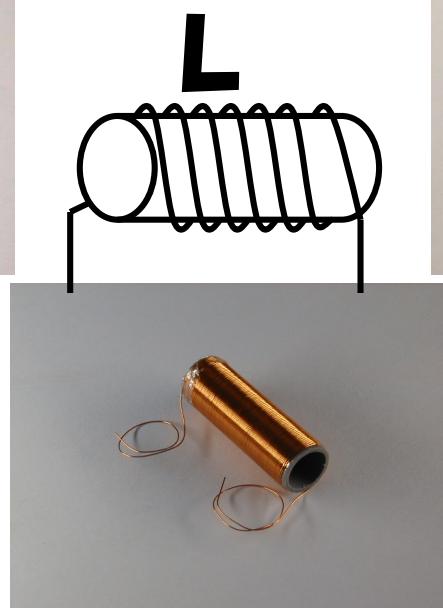
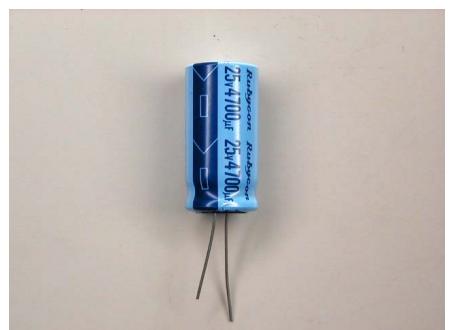
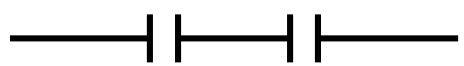
6-1 電磁誘導	118
6-2 交流発電	118
6-3 角速度	119
6-4 交流の実効値	120
6-5 位相	121
6-6 交流の基本回路	122
6-7 回路の共振	128
6-8 電気振動	128
練習問題	130

***** 電磁氣學編 *****

R



C



電磁気学編

第1章 直流回路の基礎



-                   
- ボルタにより電池が発明された18世紀から、私達は、現在まで連續した電流の流れをエネルギーとして利用してきました。
- この章では電気回路の基礎である直流回路における抵抗、電圧、電流の関係について、中学校で学んだ知識の確認を行いながら、新たに法則、素材、回路解析等の電磁気の基礎について学習します。

【理科との関連】

学習項目	理科(物理)の学習単元			
	科目名	大単元	中単元	小単元
1、オームの法則	物理基礎	電気	静電気と電流	電流と抵抗
2、倍率器	物理基礎	電気	静電気と電流	電流計と電圧計
3、分流器	物理基礎	電気	静電気と電流	電流計と電圧計
4、抵抗率と抵抗	物理基礎	電気	静電気と電流	抵抗率
5、抵抗と抵抗温度係数	物理	電気と磁気	電流	電気抵抗の温度変化
6、導体を流れる電流	物理	電気と磁気	電流	電流
7、キルヒ霍ッフの法則	物理	電気と磁気	電流	キルヒ霍ッフの法則
8、電力	物理	電気と磁気	電流	電気エネルギー
9、電力量	物理	電気と磁気	電流	電気エネルギー

接頭語・記号・国際単位系(SI)

【ギリシャ文字】

大文字	小文字	呼び方	使用量	大文字	小文字	呼び方	使用量
A	α	アルファ	抵抗温度係数・角度	N	ν	ニュー	振動数
B	β	ベータ	角度	Ξ	ξ	クサイ	変位
Γ	γ	ガンマ	角度	Ο	ο	オミクロン	
Δ	δ	デルタ	損失	Π	π	パイ	円周率
Ε	ϵ	イプシロン	誘電率・誤差率	Ρ	ρ	ロー	抵抗率
Ζ	ζ	ジータ		Σ	σ	シグマ	導電率・表面電荷密度
Η	η	イータ	効率	Τ	τ	タウ	時間・トルク
Θ	θ	シータ	角度・温度	Υ	υ	ユプシロン	
Ι	ι	イオタ		Φ	ϕ	ファイ	磁束・位相差
Κ	κ	カッパ	磁化率	Χ	χ	カイ	磁化率
Λ	λ	ラムダ	波長	Ψ	ψ	プサイ	電束
Μ	μ	ミュー	透磁率	Ω	ω	オメガ	角速度・角周波数

【接頭語】

接頭語		接頭語	接頭語		乗数
記号	名称		記号	名称	
E	エクサ	10^{18}	d	デシ	10^{-1}
P	ペタ	10^{15}	c	センチ	10^{-2}
T	テラ	10^{12}	m	ミリ	10^{-3}
G	ギガ	10^9	μ	マイクロ	10^{-6}
M	メガ	10^6	n	ナノ	10^{-9}
k	キロ	10^3	p	ピコ	10^{-12}
h	ヘクト	10^2	f	フェムト	10^{-15}
da	デカ	10	a	アト	10^{-18}

【SI組立単位】

組立量	SI組立単位		SI組立単位及びSI単位単位表現
	記号	名称	
平面角	r a d	ラディアン	$1\text{rad}=1\text{m}/\text{m}=1$
立体角	s r	ステラディアン	$1\text{sr}=1\text{m}^2/\text{m}^2=1$
周波数	Hz	ヘルツ	$1\text{Hz}=1\text{s}^{-1}$
力	N	ニュートン	$1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$
圧力・応力	Pa	パスカル	$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$
仕事・熱量	J	ジュール	$1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}=1\text{Ws}$
電力	W	ワット	$1\text{W}=1\text{J}/\text{s}$
電荷・電気量	C	クーロン	$1\text{C}=1\text{A}\cdot\text{s}$
電位・電位差・電圧・起電力	V	ボルト	$1\text{V}=1\text{W}/\text{A}$
静電容量	F	ファラード	$1\text{F}=1\text{C}/\text{V}$
電気抵抗	Ω	オーム	$1\Omega=1\text{V}/\text{A}$
コンダクタンス	S	ジーメンス	$1\text{S}=1\Omega^{-1}$ 、 S
磁束	Wb	ウェーバ	$1\text{Wb}=1\text{V}\cdot\text{s}$
磁束密度	T	テスラ	$1\text{T}=1\text{Wb}/\text{m}^2$
インダクタンス	H	ヘンリー	$1\text{H}=1\text{Wb}/\text{A}$
セルシウス温度	°C	セルシウス度	$1\text{°C}=1\text{K}$
光束	lm	ルーメン	$1\text{lm}=1\text{cd}\cdot\text{sr}$
照度	lx	ルクス	$1\text{lx}=1\text{lm}/\text{m}^2$
放射能	Bq	ベクレル	$1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$
吸収線量	Gy	グレイ	$1\text{Gy}=1\text{J}/\text{kg}$
線量当量	Sv	シーベルト	$1\text{Sv}=1\text{J}/\text{kg}$

物理定数

物理量	記号	数値・単位
重力加速度	g	9.80665 m/s
万有引力定数	G	$6.67259 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$
熱の仕事当量	J	4.18605 J/calPa
標準気圧		1atm=760mmHg=1.01325×10 ⁵ Pa
アボガドロ数	N _A	$6.0221367 \times 10^{23} \text{ 1/mol}$
理想気体 1mol の体積		$2.241410 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol}$
気体定数	R	8.314510 J/mol·K
ボルツマン定数	k	$1.380658 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
空気中の音速		331.45 m/s
真空中の光速	c	$2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$
静電気力の定数	K ₀	$8.988 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$
真空中の誘電率	ε ₀	$8.854187817 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
真空中の透磁率	μ ₀	$1.2566370614 \times 10^{-6} \text{ H/m}$
電気素量	e	$1.602176565 \times 10^{-19} \text{ C}$
電子の比電荷	e/m	$1.75881962 \times 10^{11} \text{ C/kg}$
リュードベリー定数	R	$1.0973731534 \times 10^7 \text{ I/m}$
プランク定数	h	$6.6260755 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
原子質量単位		1u=1.6605402×10 ⁻²⁷ kg
陽子の質量	m _p	$1.6726231 \times 10^{-27} \text{ kg}$
中性子の質量	m _n	$1.6749286 \times 10^{-27} \text{ kg}$
電子の質量	m	$9.1093897 \times 10^{-31} \text{ kg}$

1章 直流回路の基礎

1-1 オームの法則

電圧V, 電流I, 抵抗Rの関係はオームの法則(Ohm's law)によって次式で表される。

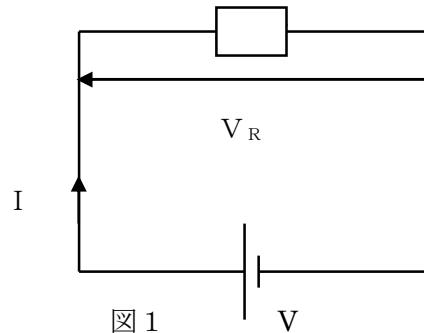
$$\text{電流 } I = \frac{\text{電圧 } V}{\text{抵抗 } R}$$

またそれぞれの単位の関係は次式となる。

$$\text{電流 } I [\text{A}] = \frac{\text{電圧 } V [\text{V}]}{\text{抵抗 } R [\Omega]}$$

【問題1】図1のような直流電源電圧V=0~10[V], 抵抗R=20[kΩ]の回路について各間に答えなさい。

$$R = 20[\text{k}\Omega]$$



(1) 電源電圧Vが0から10[V]まで変化したとき回路の電流Iを求めなさい。

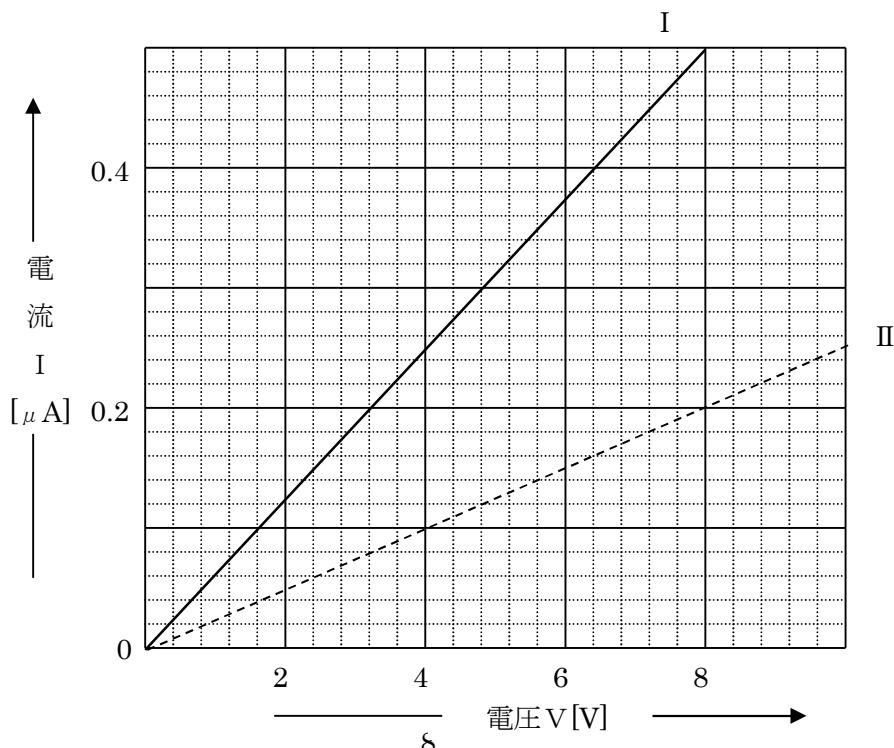
電源電圧 V[V]	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
電流 I [mA]					

図1

(2) 電源電圧V, 電流Iの関係をグラフに描きなさい。

(3) グラフの傾きを求めなさい。また傾きは、何を求めたかを答えなさい。

【問題2】次の特性図に描かれた特性曲線I, IIから回路の抵抗R₁, R₂を求めなさい。



【抵抗の直列・並列接続】

1. 抵抗の直列接続

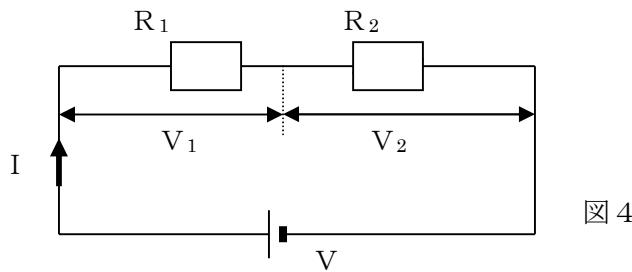


図 4

※図 4 の回路の共通要素

抵抗 R_1 , R_2 どちらにも電流 I が流れる。

∴ 直列回路では “電流 I ” が共通要素

電源電圧 V と抵抗の両端の電圧（電圧降下）の関係は

$$V = V_1 + V_2$$

オームの法則から

$$I = \frac{V}{R} \quad \therefore \quad V_1 = R_1 I, \quad V_2 = R_2 I$$

$$\begin{aligned} V &= R_1 I + R_2 I \\ &= (R_1 + R_2) I \end{aligned}$$

ここで $(R_1 + R_2)$ を R_0 と置き, “合成抵抗” と呼ぶ。

$$R_0 = R_1 + R_2$$

$$R_0 = \frac{V}{I}$$

式から考えると, $(R_1 + R_2)$ を一つの抵抗に置き換えたこととなるので, 回路は図 5 のようになる。

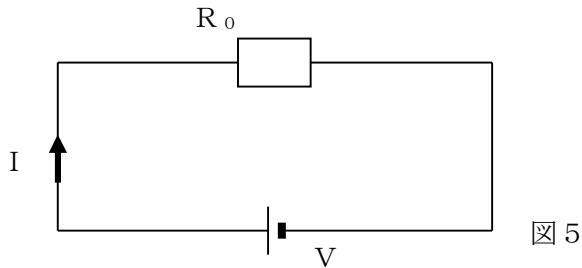


図 5

2. 並列接続

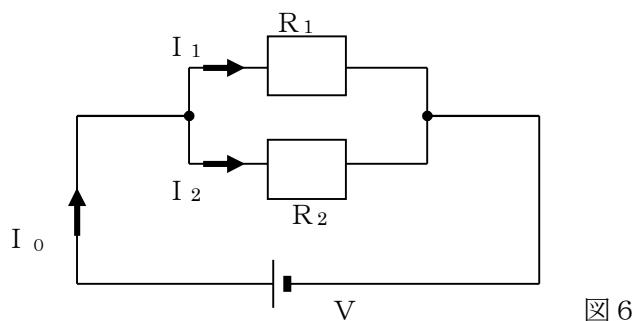


図 6

※図6の回路の共通要素

抵抗 R_1 、 R_2 どちらにも電圧 V [V]が加わる。

∴ 並列回路では“電源電圧 V ”が共通要素

回路の電流の関係

$$I_0 = I_1 + I_2$$

図6の回路を考えるとき、電源 V から抵抗 R_1 、 R_2 を通る2つの回路に分けて考える。

(1) 電源 $V(+)$ → R_1 →電源 $V(-)$

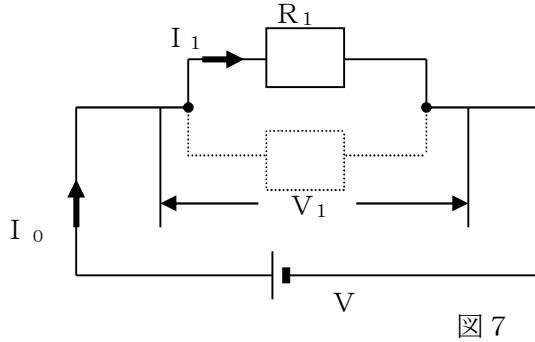


図6の回路において電流の関係は

$$I_0 = I_1 + I_2$$

抵抗 R_1 に加わる電圧 V_1 [V]は電源電圧 V

$$\therefore V_1 = V$$

オームの法則から

$$I_1 = \frac{V}{R_1} [A]$$

(2) 電源 $V(+)$ → R_2 →電源 $V(-)$

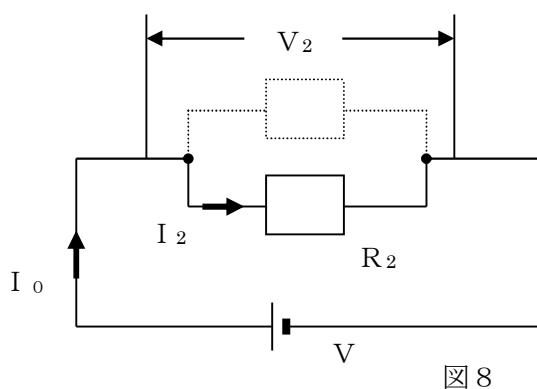


図5の回路において電流の関係は

$$I_0 = I_1 + I_2$$

抵抗 R_2 に加わる電圧 V_2 [V]は電源電圧 V

$$\therefore V_2 = V$$

オームの法則から

$$I_2 = \frac{V}{R_2} [A]$$

回路(1)(2)から回路の電流 I_0 は次式のように表せる。

$$\begin{aligned} I_0 &= I_1 + I_2 \\ &= \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} \\ &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) V \end{aligned}$$

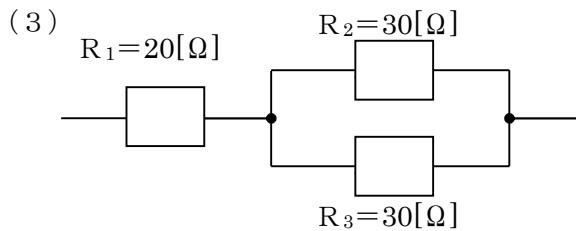
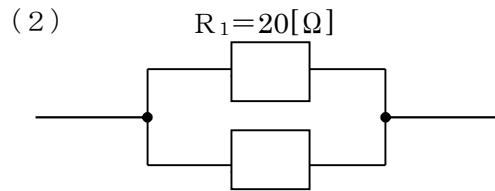
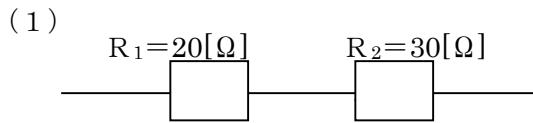
$$\begin{aligned} \frac{I_0}{V} &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \\ \frac{V}{I_0} &= \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} [\Omega] \end{aligned}$$

∴回路の合成抵抗 R_0 は次式となる。

$$R_0 = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} [\Omega] = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

抵抗 R_1 、 R_2 を一つの抵抗に置き換えたこととなる。回路は直列抵抗と同様に図2のようになる。

【問題3】次の回路の合成抵抗 R_0 を求めなさい。



1-2 オームの法則の応用

1. 倍率器

測定計器の一つである電圧計には、いくつかの測定端子が付いている。これはオームの法則を利用して、計器に抵抗を直列に接続することで、計器本体に加える電圧を一定にしたままで、電圧計の測定範囲を広げることを行っている。この回路に直列に接続される抵抗を倍率器(multiplier)と呼ぶ。

【問題4】図9のような直流電圧 100[V]測定用、内部抵抗 $r = 10[k\Omega]$ の電圧計に $R = 10[k\Omega]$ の抵抗を直列接続した回路について各間に答えなさい。

電圧計 V 内部抵抗 $r = 10[k\Omega]$

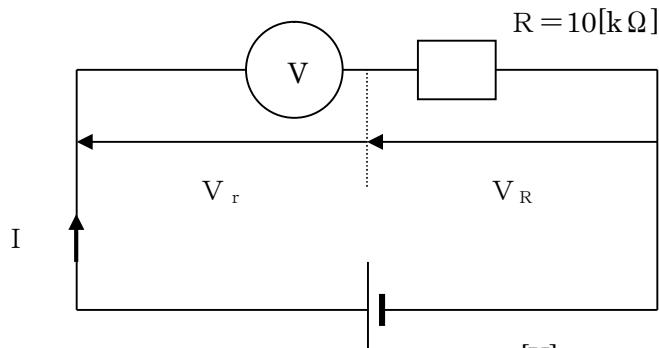


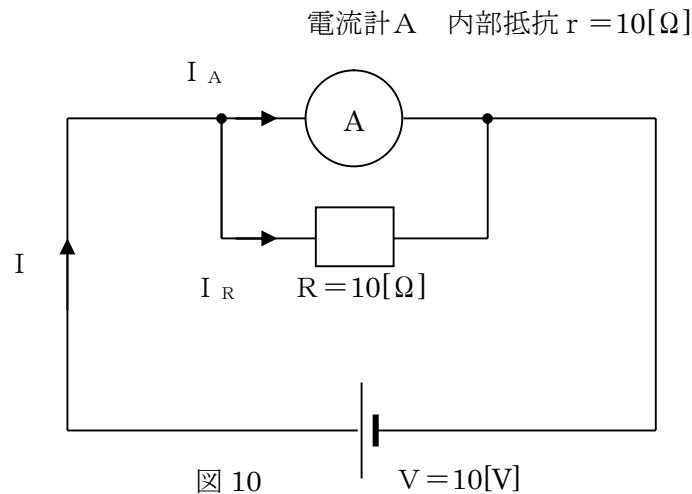
図9

- (1) 回路の電流 I を求めなさい。
- (2) 電圧降下 V_r , V_R を求めなさい。
- (3) 電圧計の指示値は何[V]となるか答えなさい。
- (4) 電源電圧 V に $V = 200[V]$ を加えたら電圧計 V の指示値は何[V]となるか求めなさい。
- (5) 電源電圧 V に $V = 300[V]$ を加えた時に電圧計 V が最大を示すようにしたい。抵抗 R を何[Ω]とすればよいか求めなさい。

2. 分流器

測定計器の一つである電流計にも、いくつかの測定端子が付いている。これはオームの法則を利用して、計器に抵抗を並列に接続することで、計器本体に流れる電流を一定にしたままで、電流計の測定範囲を広げることを行っている。この回路に並列に接続される抵抗を分流器(shunt)と呼ぶ。

【問題5】 図10のような、直流電流 $I = 1[A]$ 、内部抵抗 $r = 10[\Omega]$ の電流計に $R = 10[\Omega]$ の抵抗を並列接続した回路について各間に答えなさい。



- (1) 回路の電流 I_A 、 I_R を求めなさい。
- (2) 合成抵抗 R_o を求めなさい。
- (3) 電流計の指示値は何[A]となるか答えなさい。
- (4) 電流 $I = 2[A]$ を流した時、電流計Aの指示値は何[A]となるか求めなさい。
- (5) 電流 $I = 3[A]$ を流した時、電流計Aが最大を示すようにしたい。抵抗Rを何[Ω]とすればよいか求めなさい。

1-3 導体の抵抗

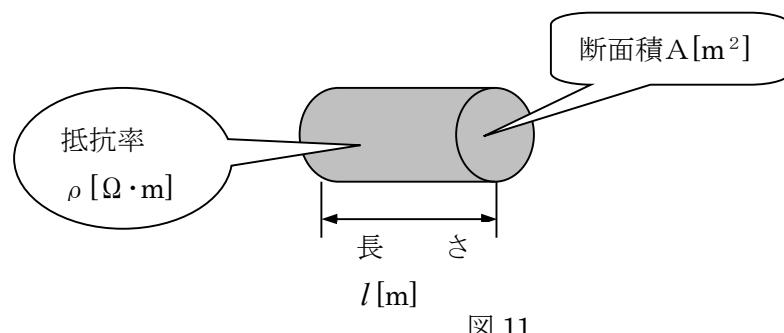
1. 抵抗率と抵抗

図11に示すような導体の抵抗Rは、長さ $l[m]$ に比例し、断面積 $A[m^2]$ に反比例する。比例定数を ρ (ロ一) としてその関係を表すと、次式となる。

$$R = \rho \frac{l}{A} [\Omega] \quad [\Omega] = \Omega \cdot m \times \frac{m}{m^2}$$

ここで、比例定数 ρ を抵抗率(resistivity)と呼ぶ。

抵抗率 単位記号: ρ (ロ一) 単位: $\Omega \cdot m$



また抵抗率 ρ は表1のように導体の物質により異なる。

※表1 20[°C]における抵抗率。※標準軟銅：抵抗率の基準として定めた値。

物質名	抵抗率 ρ [Ω·m]	物質名	抵抗率 ρ [Ω·m]
銀	1.62×10^{-8}	金	2.40×10^{-8}
銅	1.69×10^{-8}	アルミニウム	2.62×10^{-8}
標準軟銅	1.72×10^{-8}	タングステン	5.48×10^{-8}

【問題6】断面積 $A = 5.5[\text{mm}^2]$ 、長さ $l = 100[\text{m}]$ の銅線の抵抗 R を求めなさい。

$$\text{※ } 1[\text{mm}^2] = 1 \times 10^{-6}[\text{m}^2]$$

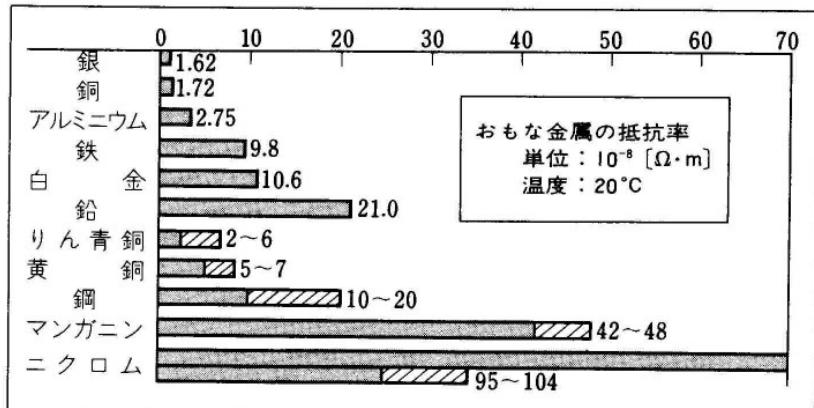
【問題7】直径 $D = 10[\text{mm}]$ 、長さ $l = 500[\text{m}]$ のアルミニウム電線の抵抗 R を求めなさい。

$$\text{※ 断面積 } A = \pi r^2 [\text{m}^2]$$

【問題8】直径 $D[\text{m}]$ 、長さ $l[\text{m}]$ 、抵抗 R の円柱導体がある。直径 $1/2$ としたときの抵抗 R' は元の抵抗 R の何倍となるか求めなさい。

抵抗率から見た導体・半導体・不導体（絶縁体）

表2



（「理科年表 55年版」による）

2. 抵抗と抵抗温度係数

図12のように導体は温度が上昇すると抵抗値が増加する。温度が $1[\text{°C}]$ 上昇するごとに導体の抵抗が変化する割合を抵抗温度係数(temperature coefficient resistance)と呼ぶ。その関係は次式のように表される

t [°C]の抵抗 R_t 、 T [°C]の抵抗 R_T

$$\text{抵抗の温度変化} = \frac{R_T - R_t}{T - t}$$

$$\text{抵抗温度係数 } \alpha_t = \frac{\frac{R_T - R_t}{T - t}}{R_t}$$

T [°C]の抵抗 R_T

$$R_T = R_t \{ 1 + \alpha_t (T - t) \} [\Omega]$$

抵抗温度係数 量記号: α 単位 無名数

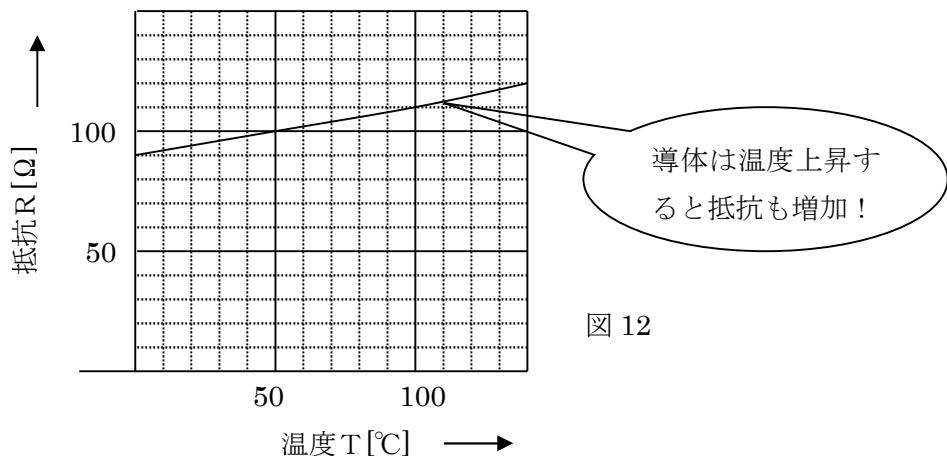


図 12

また抵抗温度係数 α は表 3 に示すように、物質によって異なる。

※表 3 20[°C]における抵抗温度係数

物質名	抵抗温度係数 α	物質名	抵抗温度係数 α
銀	0.0038	金	0.0034
銅	0.0039	アルミニウム	0.0039
標準軟銅	0.0039	タンゲステン	0.0045

【問題9】 $t = 20[°C]$ のとき $R_t = 25[\Omega]$ の軟銅線がある。 $T_{50} = 50[°C]$, $T_0 = 0[°C]$ の時の抵抗 R_{50} , R_0 を求めなさい。

【問題10】 $t = 0[°C]$ の時、軟銅線の抵抗温度係数 $\alpha_0 = \frac{1}{234.5}$ で表されるとき、任意の温度 $t [°C]$ の軟銅線における抵抗温度係数 α_t を求める式を導きなさい。

※ $t = 0[°C]$ の時の抵抗 R_0 とすると、 $t [°C]$ の時の抵抗 R_t , $T [°C]$ の時の抵抗 R_T として考える。

1-4 導体に流れる電流

図 13 のような回路において、導体に流れる電流(electric current)は、電子の移動と考えられる。電子は電気を帯びていて、その電気の量を電荷(electric charge)または電気量(quantity of electricity)と呼ぶ。

電荷 量記号: Q 単位 C (クーロン)

電流は電子の移動と考えられることから、導体の断面を毎秒移動する電荷と考えることができる。よってその関係は次式のように表せる。

$$\text{電流 } I = \frac{Q}{t} [\text{A}] \quad \text{単位 } A = \frac{C}{s}$$

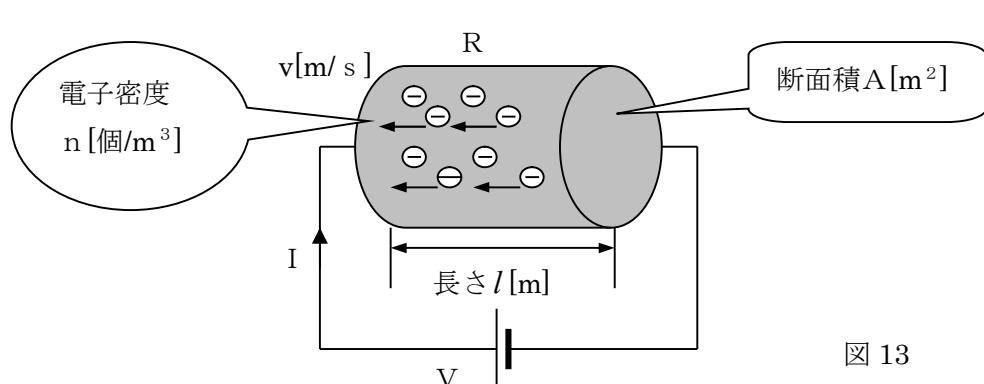


図 13

電子は次式のようにマイナスの電荷を帶びている。

$$Q_e = -1.6 \times 10^{-19} [C]$$

よって電子は電源のプラス極へ引きつけられるように移動する。よって電流と電子流との方向は、逆になっている。特に電子流として導体中を移動する電子は最外殻電子である自由電子である。

図 13 のように電子密度 n [個/ m^3] の導体中を v [m/s] で電子が移動しているとすると、電流は次のように表せる。

$$I = Q_e n v A [A] \quad [\text{単位}] \quad C \times \text{個}/m^3 \times m/s \times m^2 = C \times \text{個} \times 1/s$$

【問題 11】 図 13において電子密度 $n = 10 \times 10^{28}$ [個/ m^3]、電子の移動速度 $v = 0.1 \times 10^{-3}$ [m/s]、導体の断面積 $A = 5$ [mm^2] であった。電子の電荷 $Q_e = -1.6 \times 10^{-19}$ [C] として電流 I の大きさを求めなさい。

【問題 12】 図 13 の導体において $t = 20$ [ms] の間に $I = 0.5$ [μA] の電流が流れた。単位時間当たりに導体内を移動した電荷量 Q を求めなさい。

1-5 キルヒ霍ップの法則

オームの法則の応用として、図 14 のような複雑な回路における電圧、電流の計算を行う方法としてキルヒ霍ップの法則(Kirchhoff's law)がある。

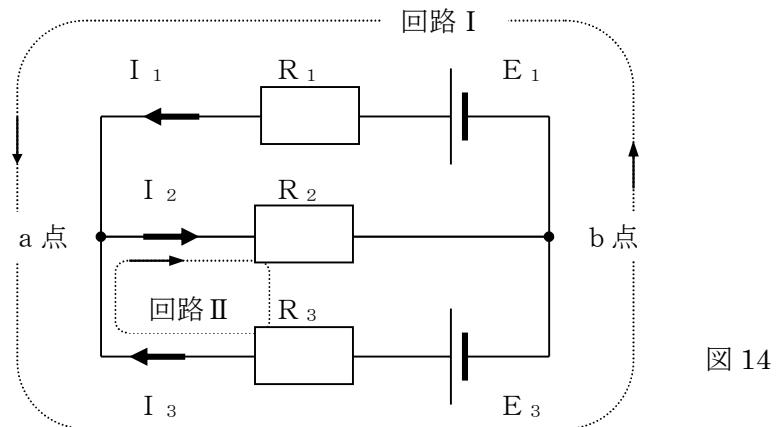


図 14

1. キルヒ霍ップの法則第1法則【電流則】

1 点に流入する電流の総和と流出する電流の総和は等しい。

a 点で考える

流入電流 : I_1, I_3

流出電流 : I_2

$$\therefore I_2 = I_1 + I_3$$

2. キルヒ霍ップの法則第2法則【電圧則】

閉回路内の起電力の総和と電圧降下の総和は等しい。

回路 I で考える

※ 回路をたどる “→” の方向を “正” の方向と考える。 $\therefore E_1, I_1$ 基準

起電力 : E_1, E_3 : 起電力の総和 $E_1 + (-E_3) = E_1 - E_3$

電圧降下 : $R_1 I_1, R_3 I_3$: 電圧降下の総和 $R_1 I_1 + (-R_3 I_3) = R_1 I_1 - R_3 I_3$

【問題 13】 図 14 において次の式を立てなさい。

- (1) b 点におけるキルヒ霍ッフの法則第 1 法則を式で表しなさい。
- (2) キルヒ霍ッフの法則第 2 法則を式で表しなさい。

回路 II で考える

※ $E_3 \rightarrow R_3 \rightarrow R_2$ を通過する閉回路

【問題 14】 図 14 の回路において $E_1 = 26$ [V], $E_3 = 32$ [V], $R_1 = 2$ [Ω], $R_2 = 4$ [Ω], $R_3 = 6$ [Ω] であった。

- (1) キルヒ霍ッフの法則を用いて式を立てなさい。
 - ① a 点における電流の関係式
 - ② 閉回路 I における電圧の関係式
 - ③ 閉回路 II における電圧の関係式
- (2) ①, ②, ③で表される連立方程式を解き、電流 I_2, I_1, I_3 を求めなさい。

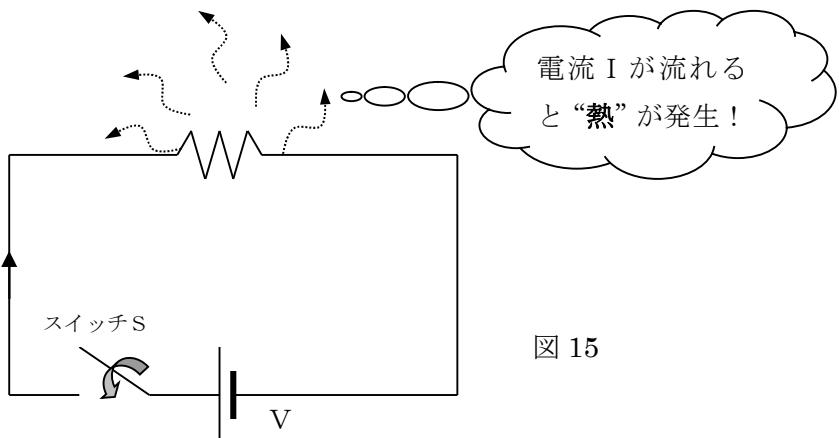
1-6 電力と電力量

1. 電力

図 15 のような回路において、電流によって生じる 1 秒間あたりの電気エネルギーを電力(electric power)と呼ぶ。電力は次式のように表せる。

$$\begin{aligned} P &= I^2 R \\ &= V I \\ P &= \frac{V^2}{R} \end{aligned}$$

量記号 : P 単位 : [W]



【問題 15】 図 15 において電源電圧 $V = 10$ [V], 抵抗 $R = 20$ [Ω] であれば、抵抗で消費される電力 P を求めなさい。

【問題 16】 図 15 において抵抗 $R = 5$ [Ω] における消費電力 $P = 2$ [kW] であった。電源電圧 V を求めなさい。

2. 電力量

図 15 の回路において、電力を一定時間 t 秒間、負荷（抵抗）に供給したときの電気エネルギーの総量を**電力量** (electric energy)と呼ぶ。電力量は次式のようく表せる。

$$W = P \cdot t \text{ [Ws]}$$

$$= I^2 R \cdot t \text{ [J]} \quad t : \text{電流を流した時間}$$

量記号 : W 単位 : [J] : ジュール $J = W \cdot s$

私達の生活の中では W [Ws] は用いられず、 W [kwh] により電力量を表すことが多い。

【問題 17】 消費電力 $P = 600$ [W] の電熱器を 24 時間使用した。次の問い合わせに答えなさい。

(1) 電力量 W [W·h] を求めなさい。

(2) 電力量 W [J] を求めなさい。

【問題 18】 次の表の単位・接頭語換算をしなさい。

	単位	換算 (接頭語指数表示)
電力 P	mW	$1 [mW] = (a) [W]$
	kW	$1 [kW] = (b) [W]$
	MW	$1 [MW] = (c) [W]$
電力量 W	$W \cdot s$	$1 [W \cdot s] = (d) [J]$
	$W \cdot h$	$1 [W \cdot h] = (e) [W \cdot s] = (f) [J]$
	$kW \cdot h$	$1 [kW \cdot h] = (g) [W \cdot h] = (h) [W \cdot s] = (i) [J]$

【問題 19】 図 16 のように定格 $V = 100$ [V], $P_1 = 1000$ [W] トースター, $V = 100$ [V], $P_2 = 2000$ [W] アイロンを並列に接続して定格で 30 分間使用した。総電力量 W_0 とトースター P_1 の電流 I_1 を求めなさい。



図 16