

物理 授業プリント⑩

<電磁気学 第2章 電流>

○電流

電流の向き = _____ の電荷が移動する向き

実際に流れるのは _____ の電荷を持つ電子だが、電流の向きは電子が発見されるよりも前に決められたからこうなっている。

電流の強さ = 導体の断面を _____ に通過する電気量

導体の断面を、時間 t (s) の間に q (C) の電荷が通過するとき、電流の強さ I (A) は

$$I = \frac{q}{t}$$

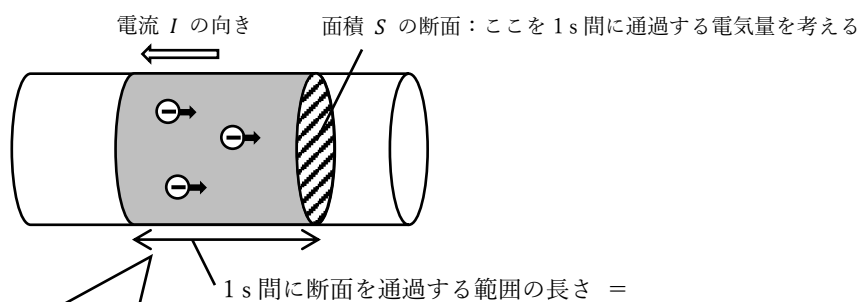
である。



電流の強さ I (A) は、次のようにも表される。

$$I = enSv$$

e (C) : 電子の電気量 (絶対値) n (個/ m^3) : 自由電子の数密度
 S (m^2) : 導体の断面積 v (m/s) : 自由電子の速さ (平均値)



この範囲に含まれる電子は _____ 個であり、その電気量は合計で _____ となる

(練習) 断面積 1.0 mm^2 の銅線に強さ 8.5 A の電流を流したとき、自由電子が銅線中を正極 (+ 極) に向かって移動する速さは何 mm/s か。ただし、体積 1.0 mm^3 の銅に含まれる自由電子の個数を 8.5×10^{19} 個、自由電子のもつ電気量を $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とし、自由電子はすべて等しい速さで移動するものとする。

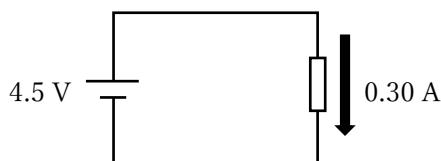
○オームの法則

導体にかかる電圧 V (V) と流れる電流 I (A) は、_____ する。

… この関係は、オームの法則 $V = RI$ と表される。

R : 電流の流れ _____ を表す = 電気抵抗 (Ω)

(練習) ある導線の両端に 4.5 V の電圧をかけたところ、 0.30 A の電流が流れた。この導線の電気抵抗は何 Ω か。



※ 上の練習の回路を電流の向きに沿って1周するとき、

- ・電池では 4.5 V だけ電位が _____
- ・抵抗では 4.5 V ($= 15 \Omega \times 0.30 \text{ A}$) だけ電位が _____

○抵抗値

導体の抵抗の大きさは、3つの要素によって決まる。

- ・導体の長さ L (m) : 抵抗は、 L (m) に _____ する。
- ・導体の断面積 S (m²) : 抵抗は、 S (m²) に _____ する。
- ・導体の材質 : 材質によって決まる値は、抵抗率 ρ と表される。



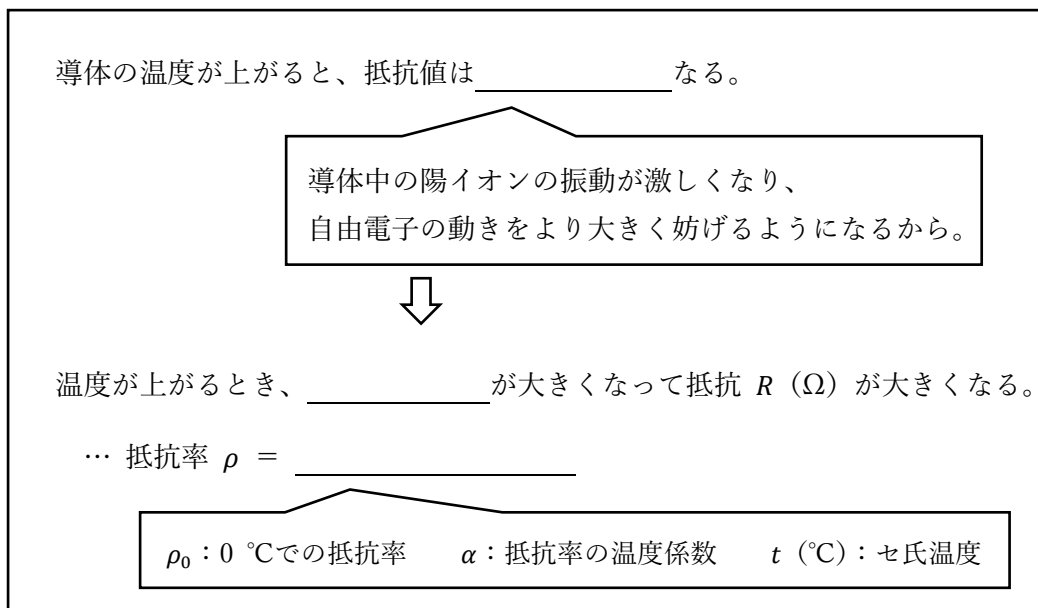
抵抗 R (Ω) は、

$$R = \underline{\hspace{2cm}}$$

と求められる。

(練習) 断面が直径 0.20 mm の円形のニクロム線 (抵抗率 $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$) を使って、
10 Ω の電気抵抗をもつ導線を作る。このとき、ニクロム線は何 m 必要か。

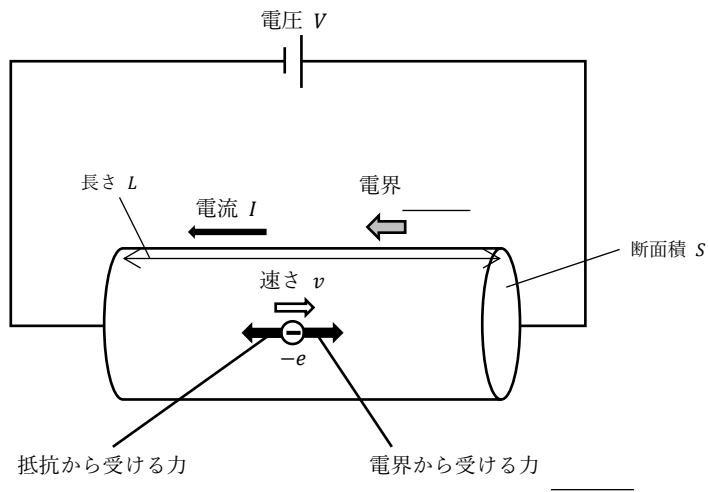
○抵抗率の温度変化



(練習) 0 °Cで 4.0 Ω のフィラメントに電流を流すと、その温度が 3000 °Cになった。
抵抗率の温度係数を 7.2×10^{-3} (1/K) として、フィラメントの 3000 °Cでの
抵抗値を求めよ。

○オームの法則の導出

実験を通して発見されたオームの法則は（1826年）、抵抗の中を移動する自由電子にはたらく力を考えることで導き出すことができる。



自由電子が一定の速度 v で動いているとき： _____



自由電子の速度 $v =$ _____ と求められ、これを

$I = enSv$ へ代入して整理するとオームの法則が導出される。



抵抗が、長さ L に比例して断面積 S に反比例することも分かり、

抵抗率 $\rho =$ _____ と求められる。

○電源の仕事と抵抗で消費されるエネルギー

電源 = 電荷を、電位の _____ 位置へ汲み上げるポンプ

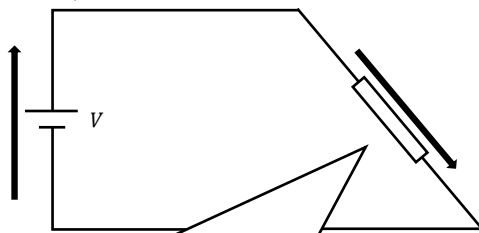
… 電荷の、電気力による位置エネルギーは _____ なる。



電流が抵抗を流れるとき、エネルギーが消費される。

… 消費されたエネルギーは _____ に変換される。

電源で単位時間に生み出されるエネルギー (= 電力) = _____



抵抗で単位時間に消費されるエネルギー (= 消費電力) = _____

・ 電力および消費電力の単位は $W =$ _____

… 「電力」「消費電力」は、単位時間 (1 s) あたりの値を示す。

・ 時間 t (s) で電源が生み出すエネルギー (= 電力量) = _____



・ 時間 t (s) で抵抗で発生する熱量 (= ジュール熱) = _____

… 「電力量」「ジュール熱」は、トータルの量を示す。

… 「電力量」「ジュール熱」の単位は _____

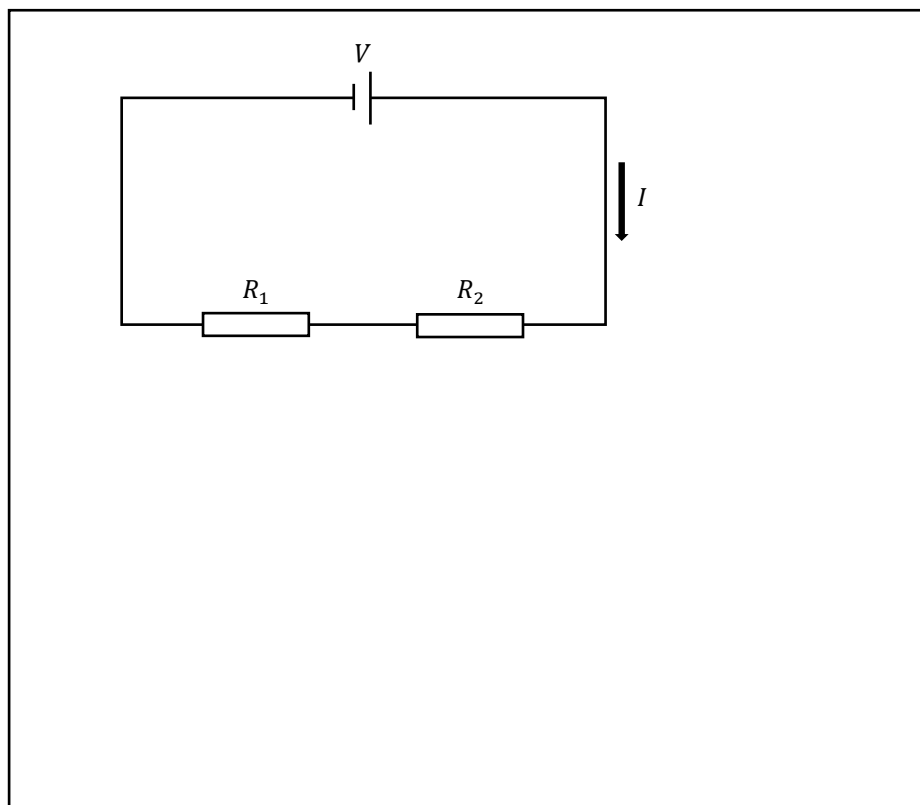
(練習) 抵抗 25Ω の電熱線に、 4.0 A の電流を 5.0 分間流した。このとき電熱線で発生したジュール熱はいくらか。

(練習) 電力量の単位には、 J だけでなく kWh が使われることもある。 1 kWh は、 1 kW の電力を 1 時間使ったときの電力量である。 1 kWh は何 J か。

○抵抗の接続

・直列接続：抵抗を直列に接続すると、抵抗値は _____ なる。

抵抗の _____ が大きくなるから。

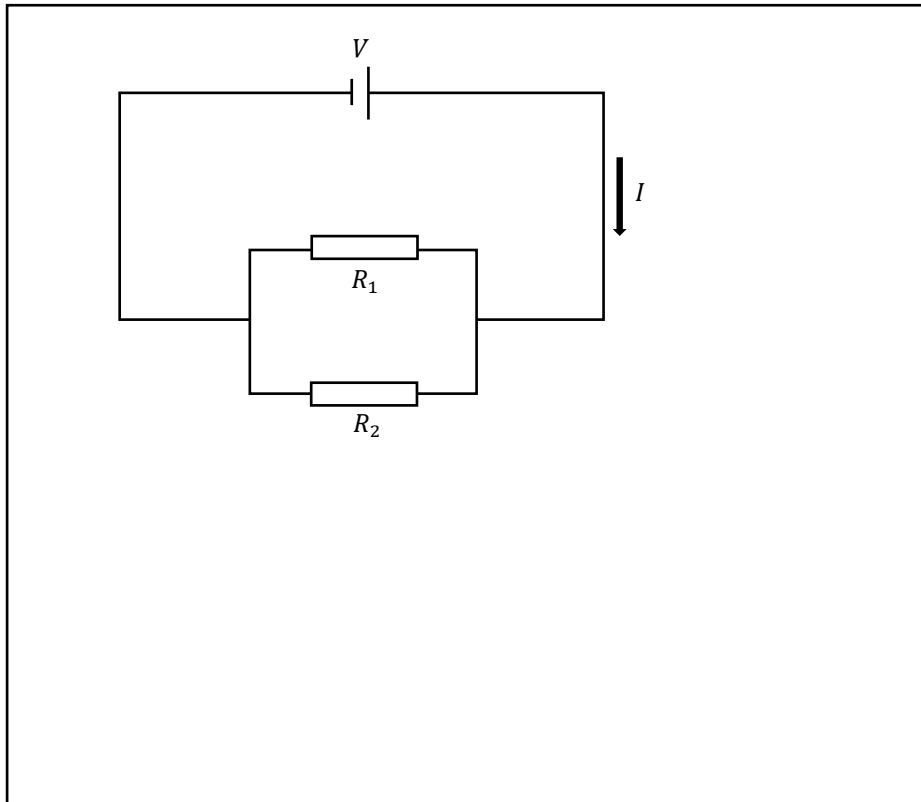


合成抵抗（全体の抵抗） $R =$ _____

（練習） $20\ \Omega$ の抵抗と $30\ \Omega$ の抵抗が直列に接続されているとき、合成抵抗を求めよ。

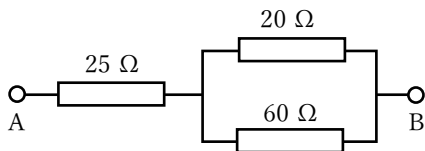
・並列接続：抵抗を並列に接続すると、抵抗値は _____ なる。

抵抗の _____ が大きくなるから。



合成抵抗（全体の抵抗）を R とすると、 _____

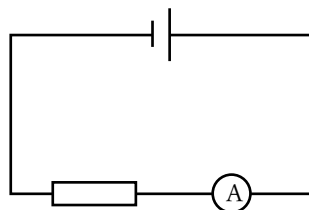
（練習）次の図において、AB間の合成抵抗を求めよ。



○電流計

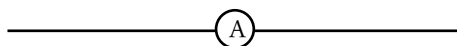
電流計の内部抵抗は_____ほどよい。

電流計の影響を小さくするため。



電流計の測定範囲を広げる方法：電流計に_____に抵抗を接続する。

(例) 10 mA まで測れる電流計 (内部抵抗 1.8 Ω) の測定範囲を 100 mA にする。

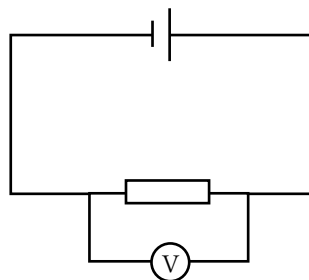


(練習) 内部抵抗が 9.9 Ω で、1.0 mA まで測定できる電流計がある。この電流計を 100 mA まで測定できる電流計にするには、何 Ω の分流器を用いればよいか。

○電圧計

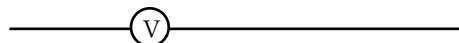
電圧計の内部抵抗は_____ほどよい。

電圧計の影響を小さくするため。



電圧計の測定範囲を広げる方法：電圧計に_____に抵抗を接続する。

(例) 1.0 V まで測れる電圧計 (内部抵抗 1.0 Ω) の測定範囲を 10 V にする。



(練習) 内部抵抗が 100 Ω で、10 V まで測定できる電圧計がある。この電圧計を 100 V まで測定できる電圧計にするには、何 Ω の倍率器を用いればよいか。

○電池の起電力と内部抵抗

・電池の起電力 = 電池が生み出す電圧

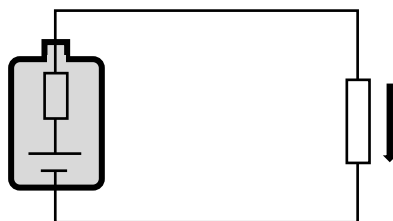
・電池の端子電圧 = 電池の両端の電圧



電池が回路につながれて電流が流れているとき、電池の

起電力 \neq 端子電圧

となる。その理由は、電池の内部抵抗で電位が _____ からである。

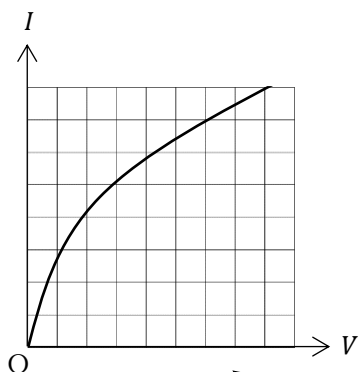


電池の端子電圧 $V =$ _____ と表される。

(練習) 電池から流れる電流が 100 mA、200 mA のときに端子電圧を測定すると、それぞれ 1.53 V、1.52 V であった。この電池の起電力と内部抵抗を求めよ。

○非直線抵抗

電球にかかる電圧 V と電流 I の関係をグラフに表すと、次のようになる。



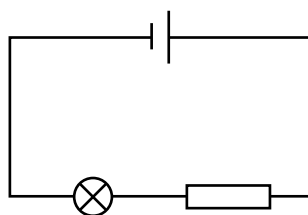
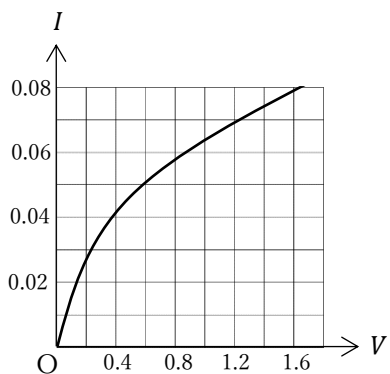
電球に流れる電流 I が大きくなるほど、
電球の抵抗値は _____ なっている。



電流 I が大きくなると、電球の温度が _____
ためである。

このように、電圧 V と電流 I が比例しない抵抗を非直線抵抗という。

(練習) 下のグラフは、ある豆電球にかかる電圧 V と電流 I の関係を表している。
 この豆電球と $20\ \Omega$ の抵抗を図のように直列につなぎ、起電力 1.6 V で内部抵抗が無視できる電池に接続した。このとき、豆電球にかかる電圧と流れる電流を求めよ。



(練習) 上の練習の豆電球と $10\ \Omega$ の抵抗を並列につなぎ、別の電池に接続したところ、電池から流れた電流は 0.10 A であった。この電池の起電力を求めよ。ただし、電池の内部抵抗は無視できるものとする。

