

14. 電流と直流回路

〈a〉電流 (教科書 P.97 ~ 98、問題集 P.174 ~ 185)

電子やイオンの運動による電荷の移動を**電流**という。電流の強さは単位時間に流れる電気量で表す。

電流の向き = 正電荷が流れる向き 電子の移動方向とは逆

電気量と電流

$$\boxed{}$$

Q : 電気量 [C] = [A・s]
 I : 電流 [A]アンペア
 t : 時間 [s]

【問】導線を 1 A の電流が流れているとき 1 秒あたり何個の電子が通過していることになるか。電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ として計算せよ。

導体中の電子の運動

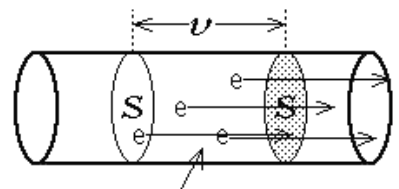
電気量 e を持つ電子が、一定の速さ v で導体中を一方向に運動しているものとする。導体の断面積を S 、導体内の自由電子密度を n とする。電子は 1 秒間に v だけ進むから、ある断面を 1 秒間に通過する電子は、 vS という体積の中に含まれる。

1 秒間に通過する電子数

$$N =$$

電流の強さ
(1 秒間に移動する電気量)

$$I =$$

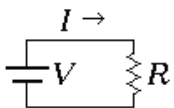
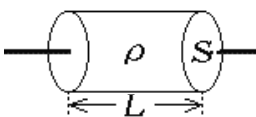


単位体積あたり n 個の電子

【問】断面積 1.0mm^2 の銅線に 1.0A の電流が流れるとき、自由電子の平均の速さはいくらか。ただし、銅の自由電子密度は $8.5 \times 10^{28} \text{個/m}^3$ 、電気素量は $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ とする。

《b》 オームの法則 (教科書 P.98 ~ 102、問題集 P.174 ~ 185)

導体に流れる電流と、導体の両端の電圧 (電位差) とは比例する。

<p>オームの法則</p> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 40px; margin: 5px auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">=</div>	<p>単位</p> <p>V : 電圧 [V]</p> <p>I : 電流 [A]</p> <p>R : 電気抵抗 [Ω] = [V/A]</p>	
<p>電気抵抗の式</p> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 40px; margin: 5px auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">=</div>	<p>ρ : 抵抗率 [Ω・m]</p> <p>L : 導体の長さ [m]</p> <p>S : 導体の断面積 [m²]</p>	

電位降下：抵抗 R を電流 I が流れると、出口では RI だけ電位が下がる。

電力とジュールの法則

抵抗 R の両端に電圧 V が加わり、電流 I が流れているとする。

仕事と電位差の式

$W =$

代入

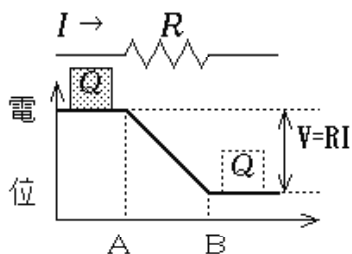
$W =$

代入

$W =$

ジュールの法則
(発生する熱量)

ジュール [J]



電力の定義 (仕事率)

$P =$

ワット [W] = [V・A] = [J/s]

【問】 100W の電球を 100V の電源につないで 1 時間点灯した。流れる電流は何 A か。消費された電力量は何 kWh か。これが最終的にすべて熱に変わったとすると、何 J の熱が発生しているか。

《c》抵抗の接続 (教科書 P.103 ~ 105、問題集 P.174 ~ 185)

接続公式 (2年の復習)

直列接続の合成抵抗

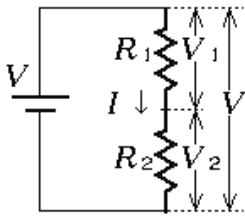
$$R =$$

並列接続の合成抵抗

$$\frac{1}{R} =$$

電圧の抵抗分割

直列接続した抵抗に加わる電圧の比を求めてみよう。



直列合成抵抗の式

$$R =$$

流れている電流

$$I =$$

R_1 の両端の電圧

$$V_1 =$$

R_2 の両端の電圧

$$V_2 =$$

オームの法則 $V = RI$ より

直列接続の抵抗で分割された電圧の比

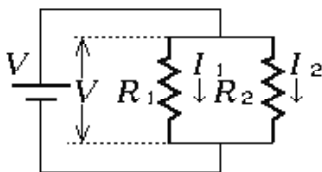
$$V_1 : V_2 =$$

【問】3つの抵抗 R_1, R_2, R_3 を直列につなぎ、各接続点から入力電圧 V の $1/10$ 、 $1/100$ の電圧を得たい。 $R_1 : R_2 : R_3$ をいくらにすればよいか。

電流の分流

並列接続した抵抗に流れる電流の比を求めてみよう。

$$I = I_1 + I_2 \rightarrow$$



オームの法則

R_1 に流れる電流

$$I_1 =$$

R_2 に流れる電流

$$I_2 =$$

並列接続された抵抗に流れる電流の比

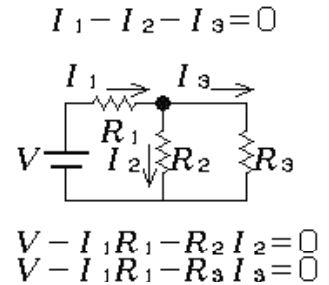
$$I_1 : I_2 =$$

【問】0.1A までしか電流を流せない電流計に抵抗を並列に接続することで、10A までの電流を測定できる電流計をつくりたい。もとの電流計の抵抗を 1.0 とすると、並列につなぐ抵抗は何 であればよいか。

キルヒホッフの法則

第一法則【電気量保存の法則】
 回路網の分岐点に流れ込む電流の代数和は0
 (流入電流は正、流出電流は負と考える)

第二法則【電圧の関係式】
 任意の経路を一巡しながら、各部の電位降下・電位上昇の代数和は0
 (電位上昇は正、電位降下は負と考える)

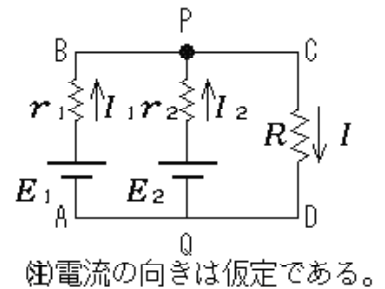


注) 代数和とは「正負の符号を考慮した合計」の意味

直流回路の解法の手順

各抵抗等を通る電流(向きも)と両端の電圧を適当な文字で仮定する。
 いくつかの分岐点について**電気量保存の法則**の式を立てる。(式(ア))
 いくつかの閉じた経路に沿って一巡しながら**電圧の関係式**を立てる。
 各抵抗等について**オームの法則**の式(素子の特性式)を作り、の式に代入する。(式(イ))
 式(ア)と式(イ)を連立して解く。

【問】右の図のように起電力が E_1 、 E_2 、内部抵抗がそれぞれ r_1 、 r_2 の電池を並列につなぎ、抵抗 R に接続した。各部を通る電流を I_1 、 I_2 、 I として以下の式を立てよ。



点Pにおける電気量保存の法則の式(第一法則) (ア)

経路A B C Dについての電圧の関係式(第二法則)

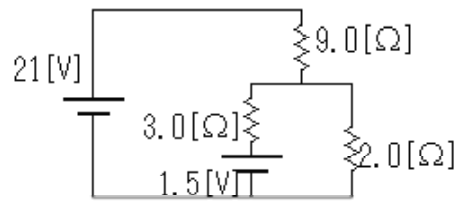
<input type="text"/>	R についての オームの法則 r_1 についての オームの法則 r_2 についての オームの法則
<input type="text"/> (イ)	
<input type="text"/>	

経路A B P Qについての電圧の関係式(第二法則)

(ウ)

(ア)(イ)(ウ)の3式を連立方程式として解くことにより、 I_1 、 I_2 、 I を得る。

【問】右図の回路が前ページの回路と等価であることを確かめ、 $E_1 = 21V$ 、 $E_2 = 1.5V$ 、 $r_1 = 9.0$ 、 $r_2 = 3.0$ 、 $R = 2.0$ として(7)～(9)の連立方程式を解け。

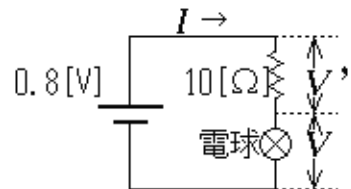


非オーム抵抗を含む回路 (教科書 P.107 ~ 108、問題集 P.174 ~ 185)

非オーム抵抗：電流と電圧が比例しない(オームの法則を満たさない)抵抗
例：電球、ダイオード、トランジスタなど

非オーム抵抗を含む回路の問題は電流電圧特性のグラフ($I - V$ グラフ)を使って作図で解く。連立方程式の解が、それぞれの式をグラフで表したものの交点の座標として与えられることを用いる。

【問】図1のような電流電圧特性を持つ電球と10Ωの抵抗を直列につなぎ、0.8Vの電池に接続した。このとき回路を流れる電流 I と電球にかかる電圧 V を求めよ。



電圧の関係式 $V + V =$

R のオームの法則 $V =$

電球の電流電圧特性 $I = f(V)$ 図1

～ の連立方程式を解くが は計算不能なので

を に代入して、 $I =$

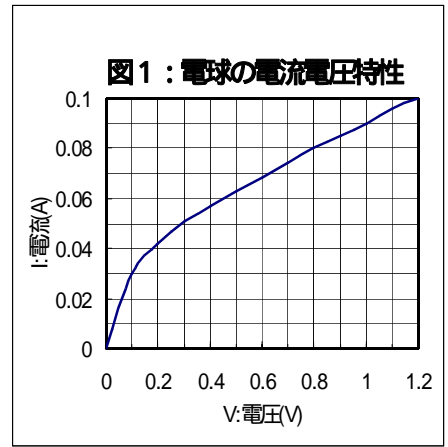


図1に のグラフを重ねて描き、交点の座標を求めれば と の連立方程式を作図で解いたことになる。

交点の座標より $I =$ [A] $V =$ [V]

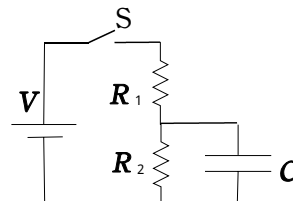
コンデンサーを含む直流回路 (教科書 P.113 ~ 114、問題集 P.174 ~ 185)

コンデンサーの式 電気量 0 なら電圧 0
充電されると共に電圧が変化
定常状態で電流 0

オームの法則の式 電流と電圧が比例、電流 0 なら電圧 0

【問】図のような回路で、はじめコンデンサー C に電荷はたまっていなかったものとする。

スイッチ S を閉じた瞬間、 R_1 を流れる電流を求めよ。



スイッチ S を閉じて十分時間が経過したとき、 C にたまっている電気量を求めよ。

《e》ダイオード (教科書 P.218 ~ 222、問題集 P.238 ~ 241)

ダイオードを含む回路

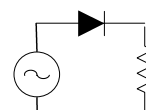
理想的なダイオードは順方向には抵抗ゼロで電流を通し、逆方向電圧に対しては抵抗無限大の不導体として動作する。



ダイオードの両端の電位の高低を判断し、順方向なら導線とみなし、逆方向なら取り去って考える。

順方向

【問】右図の回路で、交流電源は電圧振幅 10V、周波数 50Hz で、抵抗は 10k である。抵抗を流れる電流の時間変化を表すグラフの概形を描け。



電流電圧特性のグラフが与えられている場合は、ダイオードを非オーム抵抗と考えて、プリント p.109 と同様に作図で解く。