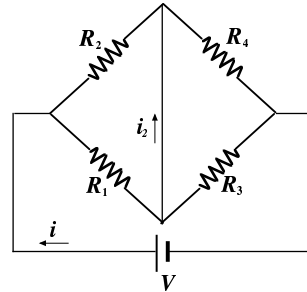


電磁気学演習 No.10 (電気回路)

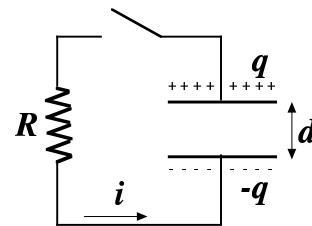
問 1*(Wheatstone ブリッジ) 図のように 4 個の抵抗, R_1, R_2, R_3, R_4 と電圧 V の直流電源がつながれた回路がある. このとき,

- Kirchhoff (キルヒホッフ) の法則をもちいて, 電流 i および i_2 を求めよ.
- i_2 がゼロであるためには 4 個の抵抗の間どのような関係が成り立たなければならないか?



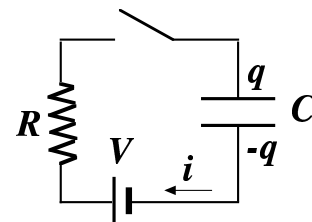
問 2*(RC 回路) 図のような, 互いに平行で距離 d だけ離れた面積 S の 2 つの導体平板からなるコンデンサー, 抵抗 R , スイッチが直列につなされた電気回路がある. このとき, 以下の問いに答えよ. ただし, 2 つの導体平板に対し d は十分小さく, コンデンサー内の電場が一様であると仮定して良いとする.

- このコンデンサーの静電容量を求めよ.
- 最初, 回路のスイッチが開いており, コンデンサーには電荷 q_0 が蓄えられていた. このときの静電エネルギーを求めよ.
- 時刻 $t = 0$ でスイッチを閉じた, キルヒホッフの法則を用いて, コンデンサーの電荷 $q(t)$ の満たすべき時間に対する微分方程式をたて, 初期条件 $q(0) = q_0$ のもとでこの微分方程式を解き, $q(t)$ および回路に流れる電流 $i(t)$ を時間の関数として図示せよ.
- 時刻 $t = 0$ から $t = \infty$ の間に抵抗 R によって消費されるエネルギーを求めよ.



問 3*(RC 回路) 図のような抵抗 R , スイッチ, 静電容量 C のコンデンサー, 電圧 V の直流電源が直列につなされた電気回路がある. このとき, 以下の問いに答えよ.

- この回路のスイッチが閉じているとき, コンデンサーの電荷 $q(t)$ の満たすべき時刻 t に対する微分方程式を, キルヒホッフの法則を用いてたてよ.
- 最初, 回路のスイッチが開いており, コンデンサーには電荷が蓄えられていなかった ($q(0) = 0$). その後時刻 $t = 0$ でスイッチを閉じた, このとき $q(t)$ を上で求めた微分方程式を解くことにより求め, $q(t)$ および回路に流れる電流 $i(t)$ を時間の関数として図示せよ.



問 4*(RC 回路) 問 3 の回路で直流電源を電圧が $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$ の交流電源に置き換えた, このとき,

- (a) この回路のスイッチが閉じているとき, コンデンサーの電荷 $q(t)$ が満たすべき時刻 t に対する微分方程式を, キルヒホッフの法則を用いてたてよ.
- (b) 上で求めた微分方程式の一般解を求めよ. また, 初期条件 $q(0) = q_0$ のもとで $q(t)$ を求めよ.
- (c) $t \gg RC$ でこの方程式の解が $q(t) = A \cos(\omega t + \theta)$ の形に表せることを示し, A, θ を求めよ. また, A を ω の関数として図示せよ.
- (d) $t \gg RC$ のとき抵抗 R による消費電力の周期 $T = 2\pi/\omega$ についての時間平均

$$\bar{W} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} Ri^2(t') dt'$$

を計算せよ.