

電気容量が C の 2 つのコンデンサー A , B と、起電力 V の電池およびスイッチ S_1 , S_2 , S_3 , S_4 を接続し、図 1 のような回路を作る。最初、スイッチ S_1 , S_2 , S_3 , S_4 は開いており、コンデンサー A , B にたくわえられた電気量は 0 であるとする。

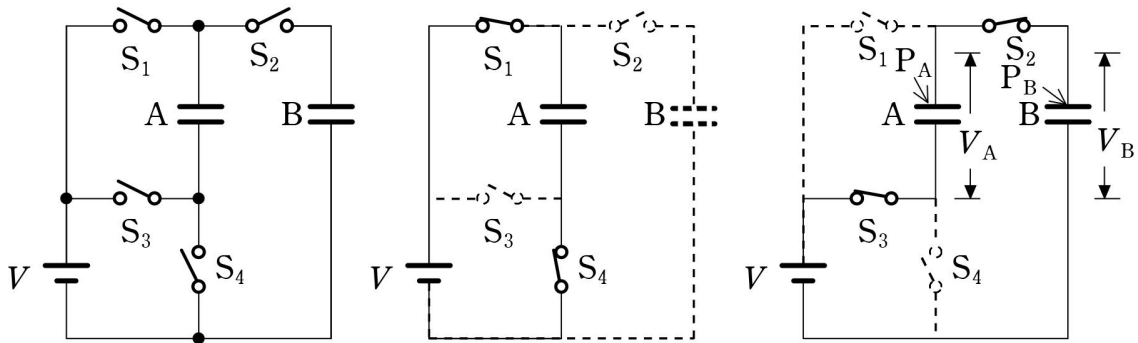


図 1 回路図

図 2 S_1 , S_4 を閉じた回路

図 3 S_2 , S_3 を閉じた回路

- (1) スイッチ S_1 , S_4 を閉じると、図 2 の実線で示されるような回路が構成され、しばらくするとコンデンサー A は十分に充電された。コンデンサー A にたくわえられた電気量を C , V を用いて示せ。
- (2) 次に、スイッチ S_1 , S_4 を開いた後、スイッチ S_2 , S_3 を閉じると図 3 の実線で示される回路が構成される。
 - (a) コンデンサー A , B の、図 3 に示した極板 P_A , P_B にたくわえられている電気量の和を C , V を用いて示せ。
 - (b) 十分な時間が経過した後のコンデンサー A , B の極板間の電位差 V_A , V_B を求めよ。
- (3) この後、スイッチ S_2 , S_3 を開き、 S_1 , S_4 を閉じてコンデンサー A を十分に充電し(図 2)、さらに(2)と同じように、スイッチ S_1 , S_4 を開き、スイッチ S_2 , S_3 を閉じた(図 3)。
 - (a) コンデンサー A , B の極板 P_A , P_B にたくわえられている電気量の和を C , V を用いて示せ。
 - (b) 十分な時間が経過した後のコンデンサー A , B の極板間の電位差 V_A' , V_B' を求めよ。
- (4) さらに、(3)の手順をくり返すと、コンデンサー B の極板間の電位差は徐々に増加した。そして、十分な回数くり返したとき、この電位差は一定の値になり、変化が観測されなくなった。このときのコンデンサー B の極板間の電位差はいくらになるか求めよ。また、その理由を簡単に示せ。

解説

(1) $Q = CV$ より

$$Q = CV$$

(2) (a) スイッチを切りかえる前に、 P_A 、 P_B にたくわえられている電気量は $+CV$ 、 0 である。スイッチを切りかえても極板 P_A 、 P_B は孤立しているから電気量の和は変わらない。 CV

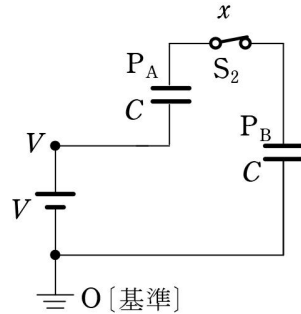
(b) 右図のように、電池の負極を基準とした、スイッチ S_2 (極板 P_A 、 P_B)の電位を x とする。極板電気量が $C \times (V_{\text{自分}} - V_{\text{相手}})$ で与えられることを用いて、電気量の保存から、「前=後」より、

$$+CV + 0 = C(x - V) + C(x - 0)$$

よって、 $x = V$ となるから

$$V_A = x - V = 0$$

$$V_B = x - 0 = V$$



(3) (a) スイッチ S_2 、 S_3 を閉じる前に、極板 P_A 、 P_B にたくわえられている電気量はそれぞれ

$$P_A : +CV$$

$$P_B : +CV_B = +CV$$

である。電気量は保存されるから、求める和は

$$CV + CV = 2CV$$

(b) スイッチ S_2 の電位を x' とすると、

$$+CV + CV = C(x' - V) + C(x' - 0)$$

よって、 $x' = \frac{3}{2}V$ となるから

$$V_A' = x' - V = \frac{1}{2}V$$

$$V_B' = x' - 0 = \frac{3}{2}V$$

(4) スイッチ S_2 、 S_3 を閉じる前のコンデンサー A の極板間の電位差は常に V である。これに電池による電位差 V が加わってコンデンサー B を充電する。十分な回数くり返したとき、電荷の移動がなくなるから、コンデンサー B の極板間の電位差は $V + V = 2V$ となる。