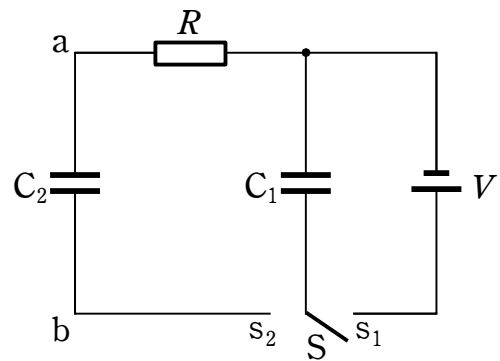


1 [2021 関西医科大]

図のような起電力  $V$  の電池，電気容量  $C$  のコンデンサー  $C_1$ ， $C_2$ ，抵抗値  $R$  の抵抗およびスイッチ  $S$  からなる回路を考える。この回路を用いて以下の i)，ii)，iii) の操作を行った。i) の操作前には，2 つのコンデンサーに電荷はなく，スイッチ  $S$  はどちらにも接続されていないとする。次の問いに答えよ。



- i)  $S$  を  $s_1$  側に入れた。その後，十分に時間がたった。
  - ii) 次に  $S$  を  $s_2$  側に入れた。その後，十分に時間がたった。
  - iii) 再び  $S$  を  $s_1$  側に入れてから，十分に時間がたった後，スイッチを  $s_2$  に入れた。その後，十分に時間がたった。
- (1) i) の操作の後， $C_1$  に蓄えられた電気量を求めよ。
  - (2) ii) の操作において，抵抗で発生したジュール熱と，ii) の操作後の  $ab$  間の電位差を求めよ。
  - (3) iii) の操作の後， $C_1$  に蓄えられた電気量を求めよ。
  - (4) iii) の操作を十分な回数くり返すと， $ab$  間の電位差はある値になった。この値を求めよ。

2 [2021 福井大]

図1のように、0でない抵抗率をもつ円柱形の導体 A, B が、直流電源に導線で接続されている。導体 A, B の平行な両端には電極が取り付けられており、電極と導線の抵抗率は0である。導体 A, B は同じ断面積  $S[\text{m}^2]$  をもち、長さはそれぞれ  $L_A[\text{m}]$ ,  $L_B[\text{m}]$  である。点 P と点 R の間には電圧  $V (>0)[\text{V}]$  が加えられ、

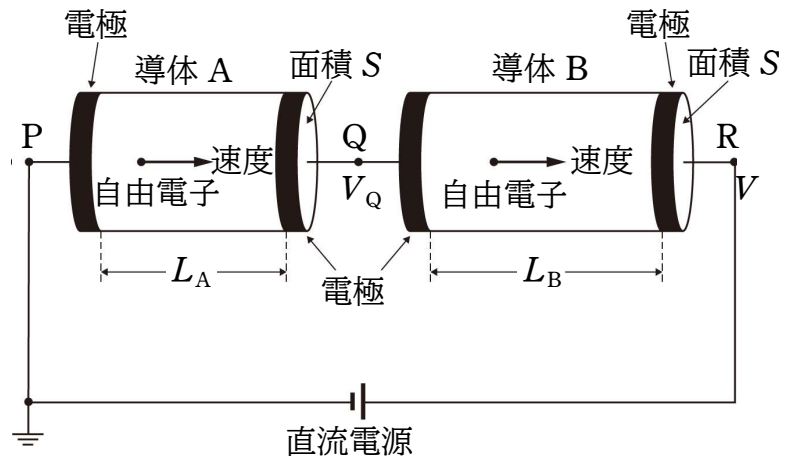


図1

大きさ  $I (>0)[\text{A}]$  の電流が流れており、接地された点 P を基準として点 Q の電位は  $V_Q [\text{V}]$  で、点 R の電位は  $V$  である。導体 A, B 中のそれぞれの電場の大きさは場所によらず一定で、向きは導体 A, B と電極との接続面に垂直である。

それぞれの導体内部で自由電子は、電場による静電気力と、熱運動している陽イオンなどの影響による速さに依存した抵抗力を受ける。この2つの力が釣りあう速さで自由電子は移動する。導体 A, B 中では、それぞれ自由電子が図1のように右向きに速さ  $v_A (>0)[\text{m/s}]$ ,  $v_B (>0)[\text{m/s}]$  で一様に運動する。導体 A, B 中の抵抗力の大きさ  $F_A (>0)[\text{N}]$ ,  $F_B (>0)[\text{N}]$  は定数  $k_A [\text{N}\cdot\text{s/m}]$ ,  $k_B [\text{N}\cdot\text{s/m}]$  を用いて  $F_A = k_A v_A$ ,  $F_B = k_B v_B$  で与えられるものとする。導体 A, B 中の自由電子の単位体積当たりの個数は、それぞれ  $N_A [1/\text{m}^3]$ ,  $N_B [1/\text{m}^3]$  であるとする。自由電子は負の電荷をもち、その電気量の大きさを  $e (>0)[\text{C}]$  とする。次の問いに答えよ。

- (1) 図1のように導体 A 中を右向きに進む自由電子が受ける静電気力および抵抗力の向きを、図2の①または②から選べ。
- (2) 電流の大きさ  $I$  を  $e$ ,  $S$ ,  $L_A$ ,  $N_A$ ,  $v_A$  の中から必要なものを用いて表せ。

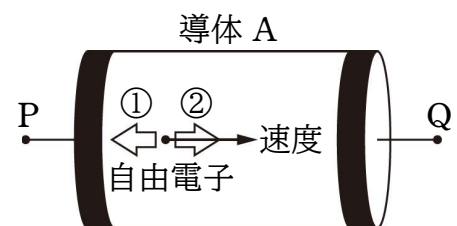


図2

- (3) 導体 A, B 中の自由電子の速さの比  $\frac{v_A}{v_B}$  を  $e$ ,  $S$ ,  $L_A$ ,  $L_B$ ,  $N_A$ ,  $N_B$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 電流の大きさ  $I$  を  $e$ ,  $S$ ,  $L_A$ ,  $N_A$ ,  $k_A$ ,  $V_Q$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) 点 Q の電位  $V_Q$  を  $L_A$ ,  $L_B$ ,  $N_A$ ,  $N_B$ ,  $k_A$ ,  $k_B$ ,  $V$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (6) 導体 A, B で消費される全電力  $P[\text{W}]$  を  $e$ ,  $S$ ,  $L_A$ ,  $L_B$ ,  $N_A$ ,  $N_B$ ,  $k_A$ ,  $k_B$ ,  $V$  の中から必要なものを用いて表せ。

3 [2021 岡山大]

キルヒホッフの法則に関する次の問いに答えよ。

(1) 図1のような直流回路における各部分の電流  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  を考える。

(a) キルヒホッフの第1法則(電流に関する法則)から得られる, 電流  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  の間の関係を表す式を書け。

(b) ABEFA にそってキルヒホッフの第2法則(電圧に関する法則)を適用して, 電流  $I_1$ ,  $I_2$  の間の関係を表す式を書け。

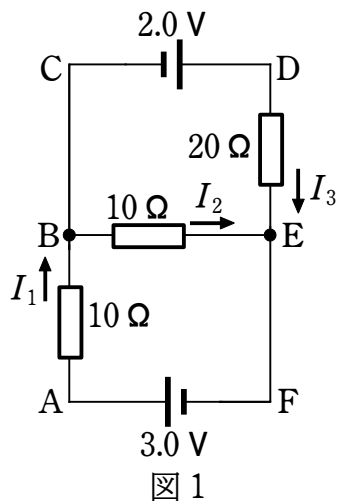


図1

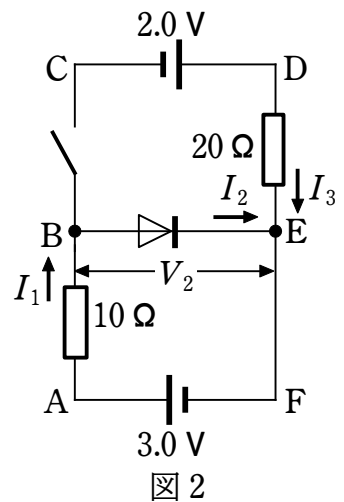


図2

(c) ABCDEFA にそってキルヒホッフの第2法則(電圧に関する法則)を適用して, 電流  $I_1$ ,  $I_3$  の間の関係を表す式を書け。

次に, 図2のようにBC間にスイッチを挿入し, BE間にあった抵抗をダイオードに交換した。このダイオードの両端の電圧が  $V_2$  のとき, ダイオードを流れる電流  $I_2$  は図3に示すようになる。

(2) スイッチを開いた状態とする。

(a) キルヒホッフの法則を適用して, 電圧  $V_2$  と電流  $I_2$  の関係式を求めるとともに, 図3にその関係を作図せよ。

(b) (2)(a)の作図からダイオードに流れる電流  $I_2$  の値を求めよ。

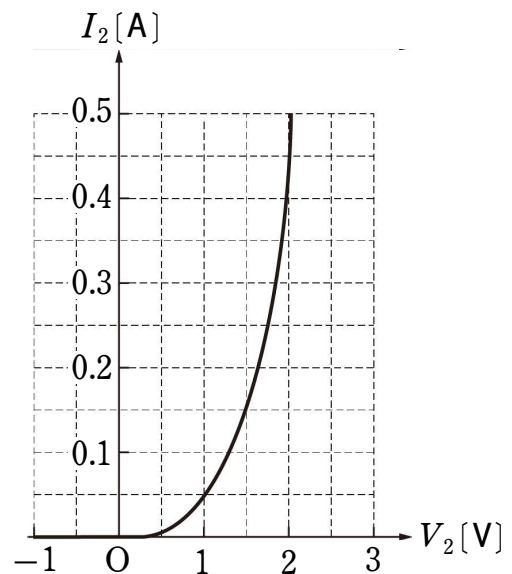


図3

(3) 図2のBC間のスイッチを閉じた。

(a) キルヒホッフの法則を適用して, 電圧  $V_2$  と電流  $I_2$  の関係式を求めるとともに, 図3にその関係を作図せよ。

(b) 回路の各部分の電流  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  の値を求めよ。

1 [2021 関西医科大]

- 解答 (1)  $CV$  (2) ジュール熱： $\frac{1}{4}CV^2$ , 電位差： $\frac{1}{2}V$  (3)  $\frac{3}{4}CV$   
 (4)  $V$

2 [2021 福井大]

- 解答 (1) 静電気力：② 抵抗力：① (2)  $eN_A v_A S [A]$  (3)  $\frac{N_B}{N_A}$   
 (4)  $\frac{e^2 N_A S V_Q}{k_A L_A} [A]$  (5)  $\frac{k_A L_A N_B}{k_A L_A N_B + k_B L_B N_A} V [V]$   
 (6)  $\frac{e^2 N_A N_B S}{k_A L_A N_B + k_B L_B N_A} V^2 [W]$

3 [2021 岡山大]

- 解答 (1) (a)  $I_1 = I_2 + I_3$  (b)  $3.0 = 10I_1 + 10I_2$  (c)  $2.0 + 3.0 = 10I_1 + 20I_3$   
 (2) (a) 関係式： $-10I_2 - V_2 + 3.0 = 0$  グラフ：下図 (b)  $0.15 A$   
 (3) (a) 関係式： $20I_2 + 3V_2 - 4.0 = 0$  グラフ：下図  
 (b)  $I_1 : 0.20 A, I_2 : 0.05 A, I_3 : 0.15 A$

