

## 61 : コンデンサー回路

### ○原則

①電源(電池)が直接接続されていない場所内での電荷量は保存する。

②コンデンサー回路の場合、

電荷保存の式と、キルヒホッフ第二法則(任意の閉じた回路について、電位差の和は0)の式の2式を立てて連立するのが基本的な求め方である。

### ○解答の方針

・問1は、極板3-4-5-6の間で電位差Vである(3の方が高い)ことと、原則①より極板4,5の電荷の合計が0になることから式を立てます。

・問題文より、充電後に電池は外されていることが分かるので、原則①より極板2,6の電荷量は保存されることとなります。

また、極板4と5の間の電荷量は元々0だったので、増えた電荷の量は全て抵抗とスイッチSでできた回路を通して入り込んだものであるといえます。

・問5は、回路全体のエネルギー変化と抵抗で発生したエネルギー(=ジュール熱)の関係を考えます。

・問6は、解説のやり方の他に、原則②に沿って求めることができます。

電荷保存の式 : 
$$Q_1 + Q_3 = Q_1 - Q_4 = \frac{5}{6}Q$$

キルヒホッフ第2法則の式 : 
$$\frac{Q_1}{C} - \frac{Q_5}{2C} + \frac{Q_4}{2C} = 0$$
      ここから、 $Q_3 = -Q_4$  より答えを求めます。

## 62 : コンデンサーの電圧変化

### ○原則

①コンデンサーに導体を挟んだとき、導体を挟んだ部分はコンデンサーが存在しないとして計算する。

②コンデンサーの向かい合う極板に蓄えられる電気量は、符号は異なるが大きさは等しい。

### ○解答の方針

・問2は、コンデンサーに現れる電荷の電気量を求めるために、コンデンサー $K_1$ の電気容量を求めたいので原則①を使います。

・問3は、61 : コンデンサー回路の原則②にしたがって簡単に求められます。

操作 A→B をしても、コンデンサー $K_1$ の上部極板の電荷は逃げ場がないので電気量に変化はありません。このことから、原則②より導体Dの上面側の電気量にも変化はないことに気づきましょう。

・問4は、導体Dに蓄えられた電荷の電気量は、導体Dの上下板にたまった電気量の和となります。

・問5(1)について、Dの部分は電池とつながっていないので、 $S_1$ や $S_2$ をいくら開閉しても導体Dとコンデンサー $K_2$ に蓄えられる電気量の和は0です。

(2)について、61:コンデンサー回路の原則②にしたがって求めます。

## 63:ブリッジ回路

○原則

①抵抗値は、抵抗の長さに比例し、太さに反比例する。

→抵抗率(比例定数)を $\rho$ 、抵抗の長さを $l$ 、太さを $S$ とすれば、(抵抗) $=\rho\frac{l}{S}$ になります。

②電流 $I$ が流れ、電圧 $V$ がかかる抵抗での消費電力 $P$ は、 $P=IV$ である。

○解答の方針

・問1は、原則①から考えます。

(1)は、解答では「断面積が2倍になった」と書かれていますが、長さが $\frac{1}{2}$ の抵抗2つが並列接続しているとしても同様に答えを出すことができます。

・問3(1)について、ホイートストンブリッジの抵抗の関係(解説 p.180 参照)を使って求めます。この関係は覚えておくと便利です。

この関係を使わない解き方としては、電圧差があればその間に電流が流れているといえるので、「検流計のふれが0になった」とあることから、2点C、 $D_1$ の電位差は0であることが分かります。ここから答えを求めることもできます。

(2)は、原則②を使ってそれぞれの電力を比較します。

・問4(1)は原則①、(2)はホイートストンブリッジの抵抗の関係式を使って解きます。

## 64:電気容量、抵抗値の測定

○原則

① $\Delta t$ の間にコンデンサーに流れ込む電流 $I$ は、蓄えられる電気量を $Q$ とすると、 $I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ という関係が成り立つ。

○解答の方針

・問1は、 $\Delta t=1$ のとき、 $\Delta E=2.0$ だけ増加するので、この増加分だけコンデンサーに蓄えられる電気量も増加すると考えて計算します。このとき、原則①を使います。

・問3は、ひとつひとつ代入していくのは時間がかかりすぎるので、 $r_a, r_b, r_c$ を一つにまとめた式をうまく使って答えを絞っていきます。

・問4は、真の値が分かる前後で、 $E = RI$ の式を立てます。

問題文中に「電流値の示す値およびEの値に誤差はなかったものとする」とあるので、EとIは同じとして2式を立てます。

・問5は、問4の $r_s$ の相対誤差が10%であることから、問4で求めた $R_0$ の値をそのまま使うことができます。問題文中で与えられた相対誤差の公式に代入するだけなので、簡単に解けるでしょう。

## 65：見た目の複雑な抵抗回路

○原則

①コンデンサーを含む回路で電池をつないでおくと、十分長い時間が経った後はコンデンサーに電流が流れなくなる。

○解答の方針

・問題文で与えられた図を使うのは分かりにくく大変なので、できるだけ簡単にまとめた図を自分で書くことにします。

また、(1)では電池から流れる電流を求めるので、各抵抗に流れる電流も求める必要がありますが、未知数をおくときは回路の対称性に注目し、できるだけ未知数を減らすように心がけましょう。

(3)は、原則①を考えて簡単な回路図に書き換えます。

(4)は、 $a \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow g \rightarrow j \rightarrow m \rightarrow k \rightarrow h \rightarrow e \rightarrow c \rightarrow a$ の閉回路に、キルヒホッフ第二法則(閉回路での電位差の合計は0になる)を適用します。

$a \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow g \rightarrow e \rightarrow c \rightarrow a$ の閉回路では求められないことに注意しましょう。キルヒホッフ第二法則の式は立てることができますが、点eでの電気量の和は0ではない( $a \rightarrow b \rightarrow d \rightarrow g \rightarrow j \rightarrow m \rightarrow k \rightarrow h \rightarrow e$ というルートで電池からいくらかの電荷が流れ込んでくるため)ので電気量保存の式は立てられず、未知数に対して式の数が少なくなってしまいます。

(5)(6)は、簡単な回路図に書き換えたあと、61：コンデンサー回路の原則②にしたがって答えを求めます。

## 66：未知回路を含む直流回路

○原則

①回路に影響を与えないように、電圧計に含まれる抵抗は非常に大きく、電流計に含まれる抵抗は0に近く設定してある。

②電池内に内部抵抗があるときは、電池の両極間の電圧は流れる電流の値によって変わる。

←電池全体の電圧をV、電池の起電力(電池本体の電圧)をE、内部抵抗の抵抗値をr、電流値をIとすると、

$V = E - rI$  となります。

### ○解答の方針

図2は、それぞれの電池の内部抵抗値や起電力に基づいて原則②を図で表したものです。

- ・問1は、回路Aと電圧計が直列に接続されており、また原則①からどういう状況なのか考えます。その後は、図2から求める値を読み取ればよいでしょう。  
また、符号については、電圧計の下部が接地されており、この部分の電圧が0であることから $T_1, T_2$ のどちらが正極であるかを考えます。
- ・問2は、 $V = IR$  の関係から、図2のグラフの傾きである $\frac{I}{V}$  が何を表しているか考えます。
- ・問3は、原則②に基づいて、電池の内部抵抗値と起電力を求めるだけです。
- ・問4～6は、A、Bの簡単な回路図を書いて、起電力や内部抵抗の値を整理することが大事です。
- ・問5、6は、原則①より電圧計に電流が流れることはないため、電流は回路A、Bの間をぐるぐる回っているだけであることを気をつけましょう。

## 67：ダイオードを用いた回路

### ○原則

①接地されている部分の電圧は0である。

### ○解答の方

・問1(1)について、元々コンデンサーに電荷は蓄えられていなかったもので、電池に接続した直後のコンデンサーの電圧差が0である(電荷が流れ込むことで電位差が生まれるため)ことに気づけば、原則①から各点の電圧が求められます。

(2)について、65：見た目の複雑な抵抗回路の原則①を使います。コンデンサーによって電流の流れがさえぎられているということは、2つのダイオードにも電流が流れないということなので、抵抗による電圧差も生まれません。

(3)について、スイッチを切り替えた直後はすでに電荷の移動があるので、ダイオードにも電流は流れています。したがって $P_1$ と $P_2$ の電位が等しいとすることはできません。  
スイッチを切り替えた直後もコンデンサー2に電荷はたまっていないといえるので、S、 $P_0$ 、 $P_2$ の電位がすべて等しいとして $V_2$ を求めます。

(4)について、 $P_1$ で電荷が保存されることに注目して計算します。

$P_0 \rightarrow P_1$ では、この方向に電流が流れないときにはスイッチ $S_D$ が開いていないことと置き換えられますが、

(4)のとき $P_0$ 側に電池の負極が接続されているのでスイッチ $S_D$ が開いていないとし、 $P_1$ (コンデンサー1,2の上部)の電荷保存が成り立ちます。

解説の、 $\{V_2 - (-V_0)\}$ とは、コンデンサー2にかかる電圧です。

・問2は、スイッチを $+V_0$ 側に接続したとき $V_{2N-1} \neq V_{2N}$ であることに注意しましょう。

本来の回路であれば、電池の向きから電流が流れる向きを考えると $S \rightarrow P_0 \rightarrow \dots \rightarrow P_{2N-1} \rightarrow P_{2N} \rightarrow \dots \rightarrow G$ の閉回路にキルヒホッフ第二法則を適用すればよいのですが、ダイオードがあるせいで $P_{2N-1} \rightarrow P_{2N}$ の方向に電流は流れません。

したがって、キルヒホッフ第二法則もこの閉回路では成り立ちません。

## 68：非線形抵抗を含む回路

### ○原則

①電球(導体)に電流が多く流れて、発生するジュール熱が大きくなると、内部の抵抗値は大きくなる。

### ○解答の方針

・問1は、原則①から答えを出します。原則①が成り立つ理由については解説を読んで納得しておくべきですが、この事項はそれほど重要ではないのでなんとなく覚えておく程度で十分です。

・問2について、問題文中に「スイッチを入れた直後ではオームの法則に従う」と書かれているので、電球の抵抗も図2の直線から分かります。

・問5は、「3つの電球の明るさが同じになった」とあることから、電球で発生するジュール熱は等しくなります。ここから、1つ1つに流れる電流の値と、加わる電圧の値は等しくなることがいえます。

この事実から式を立て、図2の曲線との交点を調べます。

今回、交点は微妙な位置にあり読み取りづらいので、解答の値と少しずれていても問題ありません。

## 69：平行電流間に働く力

### ○原則

①電流 $I$ が流れている導線の長さ $l$ に働く力 $F$ は、導線の置かれている場の磁場が $B$ であるとき、 $F = IBl$ となる。

②二つの導線が $r$ だけ離れて平行に並んでいて、それぞれに $I_1$ 、 $I_2$ の電流が流れているとする。このとき、一方

の導線の長さ $l$ に働く力 $F$ は、 $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$  ( $\mu_0$ : 真空の透磁率) となる。

### ○解答の方針

・問1は、66：未知回路を含む直流回路の原則②を参考にして考えます。

・問4は、問2、3で書いたグラフの形をもとにして考えます。

比例定数について、解説では問2のグラフの傾きを参考にしていますが、完全にまっすぐではないので、比例定数の値は多少違っていても問題ないでしょう。

・問5は難しいので、解説を読んで納得する程度でよいです。ただし、(2)(4)の事実については覚えておきましょう。

・問6は、原則①、②より、導線2にかかる力は2通りの方法で表せることに注目して解きます。(導線1にかかる力で式を立てると、Bについて整理したときに $I_2$ が残り、最終的に計算できません。)

## 70：磁場中で運動する導体棒

### ○原則

①中指を電流の向き、人差し指を磁場の向き、親指を力の向きとして各指を垂直にすると、フレミング左手の法則を表すことができる。

②電気量 $q$ の粒子が磁束密度 $B$ の磁場中で、速度 $v$ で動いているとき、粒子が磁場から受ける力 $f$ (ローレンツ力)の大きさは、 $f = qvB \sin \theta$  ( $\theta$ は磁場と運動の向きがなす角度) となる。

③微小時間 $\Delta t$ に導線を貫く磁束の変化を $\Delta \phi$ とすると、導線に発生する誘導起電力の大きさ $V$ は、 $V = \left| \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right|$  である。

④電位差 $V$ のコンデンサーに電気量 $Q$ の電荷が蓄えられたとき、電池が回路にした仕事 $W$ は、 $W = QV$ となる。

⑤「実効値」とは、様々な値をとる中の、最大値の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍のことである。

### ○解答の方針

#### I

・問1は、原則①を使います。図1を見ると、電子が右側に動いているということは、電流は左側に動いていることになるので(電流と電子の流れる向きは逆)中指を左側に向けます。また、磁場は紙面の上から下の向きなので、人差し指の向きも決まります。このとき親指が指す向きが、電子が受ける力の向きです。

・問2では、電子にはたらくローレンツ力を求めるので、原則②を使います。電子が動く向きと磁場の向きは垂直なので、 $\sin \theta = 1$ となります。

また、導線内の電場は等しく、電場を $E$ とすれば、 $V = Ed$ となります。

#### II

・問3について、導線XYを流れる電流の向きについて考えます。電流に注目すると、導線は右方向に動いているので電流の動く向きも右向きです。(中指を右に向けます。) また、磁場は紙面の上から下の向きなので、

人差し指の向きも決まります。このとき親指が指す向きが、電流が受ける力の向きであり、この方向に電流が流れることとなります。

このように考えると、解答 p. 199 の図のように導線は電池に置き換えることができます。

### Ⅲ

・問5は、外力がした仕事は、全て誘導起電力がした仕事に変換されたとして考えます。今、導線は電池に置き換えて考えているので、誘導起電力がした仕事は電池がした仕事と言い換えることができます。

これは、原則④から求めます。

・問6は、エネルギーと仕事の関係を使います。

・ $I$ の値が時間によってどう変化するかを見るときには、64: 電気容量、抵抗値の測定の原則①を使って、 $t$ で微分します。

問7は、原則⑤より「実効値」の意味が分かっていたら簡単です。

・問8の結果については記憶しておきましょう。