

令和7年度

理工学群物理学類  
推薦入試

小論文  
試験問題

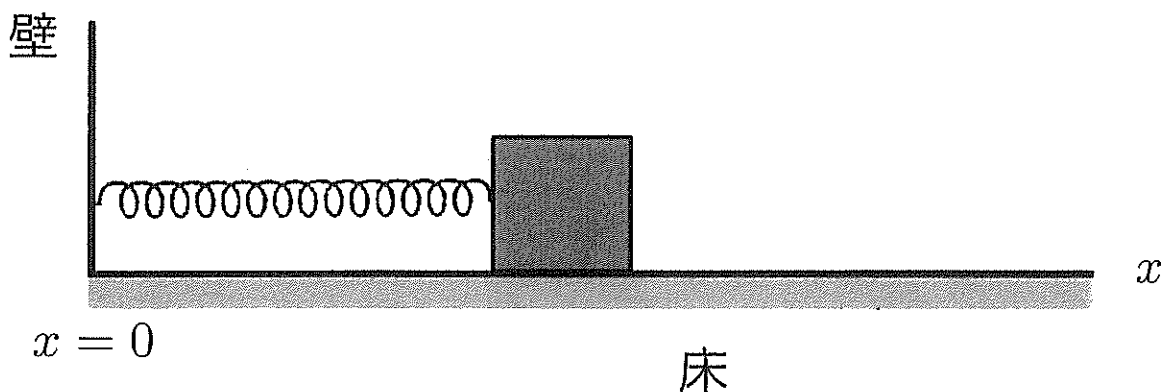
注意事項

- ① 試験時間は90分です。
- ② 問題Ⅰ、Ⅱのすべてに解答せよ。
- ③ 解答用紙は各問題に対して1枚使用し、それぞれの解答用紙には「問題Ⅰ」のように問題番号を明記すること。
- ④ 解答を書ききれない場合は、「裏へ」と明記してその解答用紙の裏面に続けて書くこと。
- ⑤ 下書き用紙は採点しない。

## 問題 I

図の様に、質量  $m$  の物体が、水平なバネによって壁とつながれている。物体は水平な床の上を運動する。バネは自然長  $l$  をもち、そのバネ定数は  $k$  である。物体には鉛直下向きに重力がはたらいており、重力加速度の大きさを  $g$  とする。物体と床の間には摩擦があり、静止摩擦係数が  $\mu$ 、動摩擦係数が  $\mu'$  であり、 $\mu > \mu'$  を満たす。物体は十分小さく、物体の回転運動、物体への空気抵抗、およびバネの質量は無視できるものとする。

以下では、図の様に原点を壁の位置にとり、床に沿って右向きに  $x$  軸をとることにする。バネの自然長  $l$  は十分に長く、物体は壁に衝突せずに  $x > 0$  の領域しか運動しないものとする。また、力、加速度の向きは図の右向きを正にとる。以下の問に答えよ。



問1. 物体をある位置で静かに放したところ、その位置が  $x'_0 \leq x \leq x_0$  の範囲にある場合、物体は床を滑らず、静止したままだった。  $x'_0$  と  $x_0$  を求めよ。

時刻  $t = 0$  に物体を位置  $x_1$  で静かに放した。ここで、 $x_1 > x_0$  とする。

$x_0$  は問1で求めたものである。このとき、物体は左向きに動き出した。

以下、時刻  $t > 0$  での物体の運動について考えよう。

問2. 左向きに運動している物体の位置を  $x$ 、加速度を  $a$  とし、運動方程式を以下の形で書いたとする。

$$ma = -k(x - d)$$

ここで、 $d$  は定数である。この運動方程式は、摩擦がない場合の、自然長  $d$  のバネによる運動方程式と同じ形をしている。 $d$  を求めよ。

問3. 物体は左向きに動き、その後、時刻  $t_2$  で速度が0になった。このときの物体の位置を  $x_2$  とする。時刻  $t_2$  と位置  $x_2$  を求めよ。

問4. 時刻  $t = 0$  で物体の位置が  $x_1$  のときにバネに蓄えられているエネルギーを  $U_1$  とする。また、問3で定義した時刻  $t_2$  で物体の位置が  $x_2$  のときにバネに蓄えられているエネルギーを  $U_2$  とする。エネルギー差  $U_1 - U_2$  が摩擦により失われたエネルギーと等しいことを示せ。

前問に引き続き、時刻  $t > t_2$  での物体の運動について考えよう。  
時刻  $t_2$  で物体の位置が  $x_2$  のとき物体の速度が0になったが、その後、物体が右向きに動き出した。

問5. 物体が右向きに動き出す  $x_1$  の条件を  $x_1 - x_0 > A$  と書いたとする。 $A$  を求めよ。

問6. 右向きに運動している物体の位置を  $x$ 、加速度を  $a$  とし、運動方程式を以下の形で書いたとする。

$$ma = -k(x - b)$$

ここで、 $b$  は定数である。 $b$  を求めよ。

問7. 物体は右向きに動き、その後、時刻  $t_3$  で物体の速度が0になった。このときの物体の位置を  $x_3$  とする。時刻  $t_3$  と位置  $x_3$  を求めよ。

前問に引き続き、時刻  $t > t_3$  での物体の運動について考えよう。  
時刻  $t_3$  で物体の位置が  $x_3$  のとき物体の速度が0になったが、その後、物体は静止して動かなかった。

問8. 物体が静止して動かなくなる  $x_1$  の条件を  $A < x_1 - x_0 \leq B$  と書いたとする。 $A$  は問5で求めたものである。このとき  $B$  を求めよ。

問9. 時刻  $t = 0$  で物体の位置が  $x_1$  のときにバネに蓄えられているエネルギーを  $U_1$  とする。また、時刻  $t_3$  で物体の位置が  $x_3$  のときにバネに蓄えられているエネルギーを  $U_3$  とする。エネルギー差  $U_1 - U_3$  が摩擦により失われたエネルギーと等しいことを示せ。

## 問題 II

図1のような回路を考える。電池の電圧、抵抗、及びコンデンサーの電気容量は図中の値を持つものとする。また、はじめにコンデンサーには電荷がないものとして次の問1、問2に答えよ。

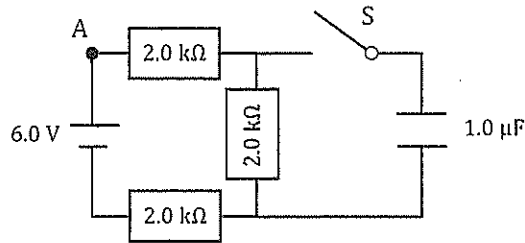


図 1

- 問1. 図1の回路において、スイッチSを閉じた直後、点Aを流れる電流の大きさを求めよ。
- 問2. スイッチSを閉じて十分時間が経過したときの、コンデンサーの極板間の電位差、及び電気量をそれぞれ求めよ。

次に、図2のような、抵抗  $r$  を3つ繋いだコの字型の合成抵抗  $R_1$  について考える。以下の問3から問5に答えよ。

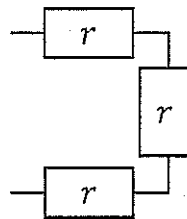


図 2

- 問3. 図2のコの字型の抵抗を2個組み合わせることで、図3のような回路を考える。この回路のAB間の合成抵抗  $R_2$  を  $r$  を用いて表せ。

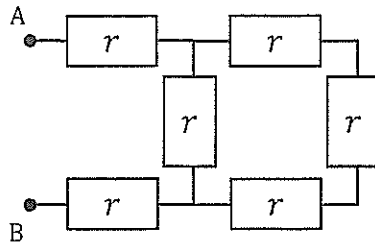


図 3

問4. 問3と同様に、図2のコの字型の抵抗を $n$ 個組み合わせた抵抗を考え、その合成抵抗を  $R_n$  とする。この時、コの字型の抵抗を同様に  $n+1$  個組み合わせた回路は図4のように表すことができる。このことを利用し、コの字型の抵抗を  $n+1$  個組み合わせた抵抗の合成抵抗  $R_{n+1}$  を  $r$  と  $R_n$  を用いて表せ。

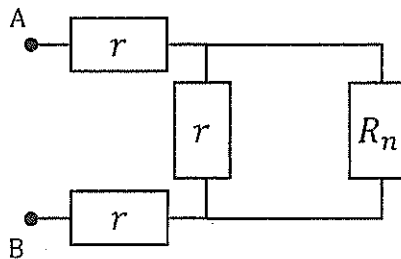


図 4

問5. 組み合わせる抵抗の数 $n$ を大きくすると、合成抵抗の値がある抵抗値  $R_G$  に近づいていく。十分大きな数 $n$ について、 $R_{n+1} = R_n = R_G$  と近似できることを用いて、 $R_G$  を  $r$  を用いて表せ。

次に、図5のような回路を考える。電源電圧、抵抗、及びコイルの自己インダクタンスは図中の値を持つものとする。また、コイルのもつ抵抗は0とする。

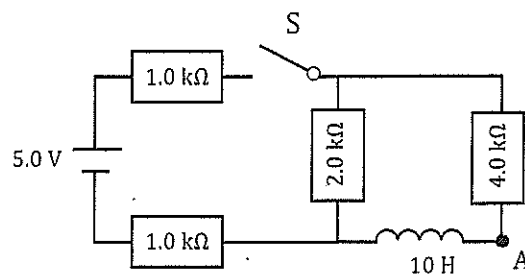


図 5

- 問6. スイッチ S を閉じた直後、点 A を流れる電流の大きさを求めよ。
- 問7. スイッチ S を閉じて十分時間が経過した後、点 A を流れる電流が一定の値となった。このとき点 A を流れる電流の大きさを求めよ。
- 問8. 問7でスイッチ S を閉じて十分時間が経過した後、再度スイッチ S を開いた。この時、コイルの自己誘導により回路に電流が流れた後、再び電流が 0 に戻った。スイッチ S を開いた後に、 $2.0\text{ k}\Omega$  の抵抗及び  $4.0\text{ k}\Omega$  の抵抗で消費されたエネルギーはそれぞれいくらか。ただし、スイッチ S を開いた際にコイルに蓄えられていたエネルギーは、すべて回路内の抵抗で消費されたものとする。