

# 物 理 $\frac{1}{6}$

I 図1のように水平面からの傾斜角  $\theta$  の斜面上に、質量が  $m$  で大きさの無視できる音源  $S$  を置いた。音源  $S$  は、 $A$  の位置で静止した状態から斜面に沿ってすべり降りはじめた。 $O$  の位置には音源  $S$  が発する音波の観測者がいる。 $AB$  間の距離は  $L$  で斜面と音源間の摩擦はなく、 $B$  より低い斜面上では一定の大きさ  $F$  の動摩擦力がはたらく。この動摩擦力のために、すべり降りている音源  $S$  は、 $B$  の位置を通過すると減速をはじめ、 $O$  の位置の手前の  $C$  の位置で静止した。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。ただし、解答用紙の解法欄には、解法（解答の導出の過程）を示せ。

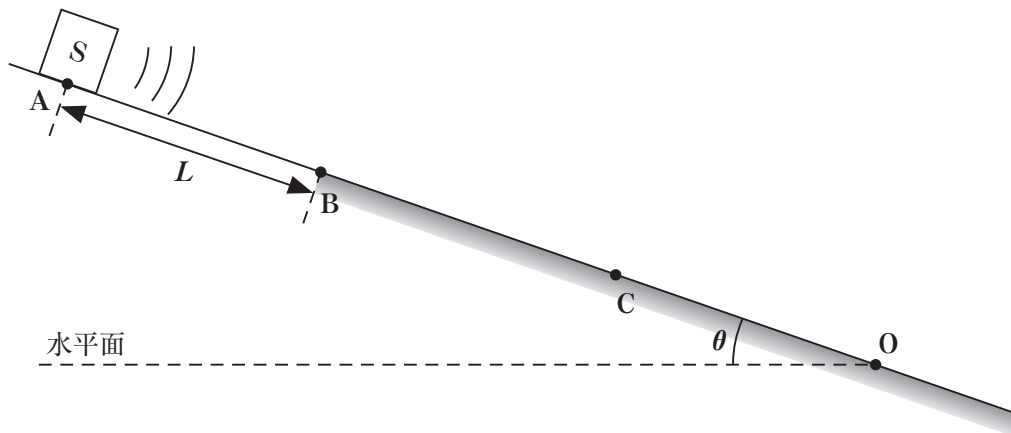


図1

- 問1 音源  $S$  が  $B$  の位置を通過するときの速さ  $v$  を求めよ。
- 問2 音源  $S$  が  $B$  の位置で減速をはじめてから  $C$  の位置で静止するまでの加速度の大きさを、 $F$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $\theta$  を用いて表せ。
- 問3 音源  $S$  が  $B$  の位置で減速をはじめてから  $C$  の位置で静止するまでの時間と、 $BC$  間の距離をそれぞれ  $F$ 、 $m$ 、 $g$ 、 $L$ 、 $\theta$  を用いて表せ。

物 理  $\frac{2}{6}$

図2のように音源  $S$  が  $A$  の位置にあるときに、 $O$  の位置にいる観測者が観測した音波の振動数は  $f$  であった。空気中での音速  $V$  は音源  $S$  の速さよりも常に十分速いものとする。BC の中点を  $D$  とする。斜面等による音波の反射や風の影響はないものとする。

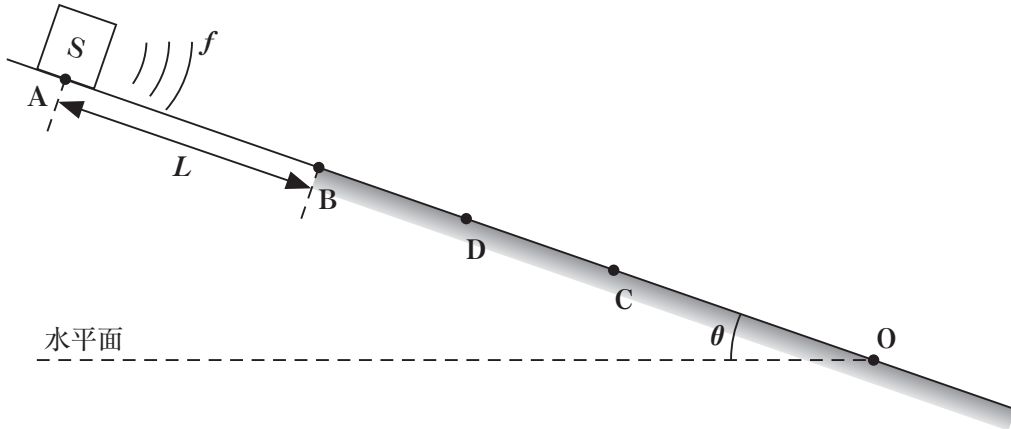


図2

問4 音源  $S$  が  $B$  の位置を通過するときに発した音を、観測者が観測するときの音波の振動数を  $V$ ,  $f$ , 問1の  $v$  を用いて表せ。

問5 音源  $S$  が  $D$  の位置を通過するときに発した音を、観測者が観測するときの音波の振動数を  $V$ ,  $f$ , 問1の  $v$  を用いて表せ。

物 理  $\frac{3}{6}$

Ⅱ 起電力  $V_0$  で内部抵抗が無視できる電源，抵抗値  $R$  の抵抗器，スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$ ，コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  を用いて図 3 の回路を作製した。はじめスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  は開いており，コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  の電荷は 0 であった。また，コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  の電気容量はともに  $C$  である。以下の問いに答えよ。ただし，解答用紙に解法欄があるものについては，解答だけでなく，解法（解答の導出の過程）も示せ。

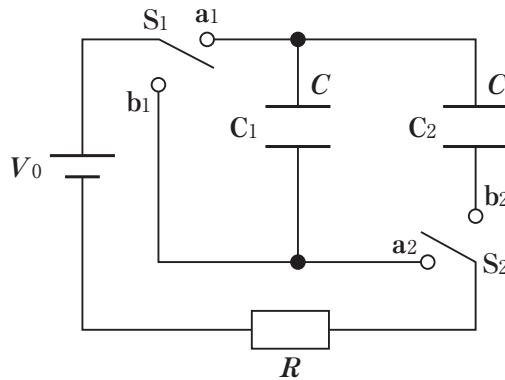


図 3

まず，スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  をそれぞれ  $a_1$ ,  $a_2$  に接続した。

- 問 1 スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  をそれぞれ  $a_1$ ,  $a_2$  に接続した直後に回路を流れる電流の大きさを求めよ。
- 問 2 スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  をそれぞれ  $a_1$ ,  $a_2$  に接続して十分に時間がたったとき，コンデンサー  $C_1$  に蓄えられる電気量を求めよ。
- 問 3 スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  をそれぞれ  $a_1$ ,  $a_2$  に接続してから十分に時間がたつまでに，電源がした仕事はコンデンサーの静電エネルギーと抵抗器におけるジュール熱として消費される。抵抗器で発生したジュール熱を求めよ。

つぎにスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を  $a_1$ ,  $a_2$  から切り離れた後，それぞれ  $b_1$ ,  $b_2$  に接続すると，コンデンサー  $C_1$  に蓄えられていた電荷がコンデンサー  $C_2$  に移動し，それぞれのコンデンサーの極板間の電圧が変化した。

- 問 4 十分に時間がたったとき，コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  の極板間の電圧をそれぞれ求めよ。

## 物 理 $\frac{4}{6}$

つぎにスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を  $b_1$ ,  $b_2$  から切り離してもう一度それぞれ  $a_1$ ,  $a_2$  に接続して十分に時間が経過するのを待ち、さらにスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を  $a_1$ ,  $a_2$  から切り離してそれぞれ  $b_1$ ,  $b_2$  に接続して十分に時間が経過するのを待った。

問5 このときのコンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  の極板間の電圧をそれぞれ求めよ。

上記のようなスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  の切り替え操作を多数回繰り返すと、コンデンサー  $C_1$  と  $C_2$  の電荷の移動が起きなくなった。

問6 このときのコンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  の極板間の電圧をそれぞれ求めよ。

問7 最初にスイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  を  $a_1$ ,  $a_2$  に接続してから、スイッチ  $S_1$ ,  $S_2$  の切り替え操作を多数回繰り返して電荷の移動が起きなくなるまでに、抵抗器で発生したジュール熱の総量を求めよ。

Ⅲ 図4のように、左右になめらかに平行移動する可動壁で円筒形のシリンダーが仕切られている。シリンダー、可動壁ともに断熱材でできている。シリンダーの左側および右側の部屋にはともに  $n$  モルの単原子分子理想気体（左側を気体1、右側を気体2とする）が入っている。左側の部屋はヒーターに接しており、気体1を加熱することができる。また、右側の部屋は一定温度  $T_2$  の熱源に接して気体2の温度は  $T_2$  に保たれている。シリンダーの断面積は  $S$  で、左側の部屋の横方向の長さを  $x$  としたとき、右側の部屋の横方向の長さは  $L - x$  となっている。はじめ、気体1の温度は  $T_1$  であり、また  $x = d$  であった。気体定数を  $R$  として、以下の問いに答えよ。ただし、解答用紙に解法欄があるものについては、解答だけでなく、解法（解答の導出の過程）も示せ。

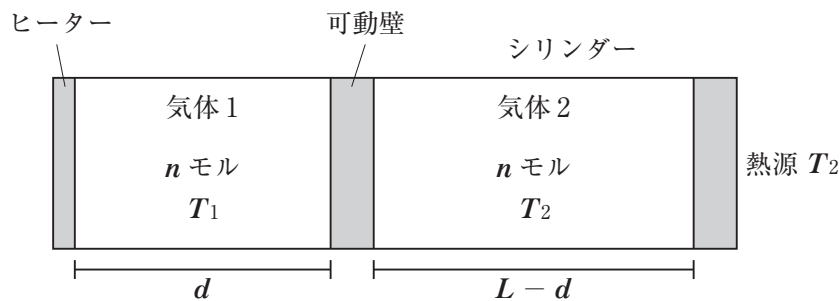


図4

問1 このとき、気体1の圧力を  $n, R, S, d, T_1$  を用いて表せ。

問2  $d$  を  $T_1, T_2, L$  を用いて表せ。

次に、図5のように、ヒーターを用いて気体1に熱量  $Q_1$  を与えた。すると可動壁はゆっくりと移動して、 $x$  は  $d$  から  $d'$  に変化し、また気体1の温度は  $T_1 + \Delta T$  になった。

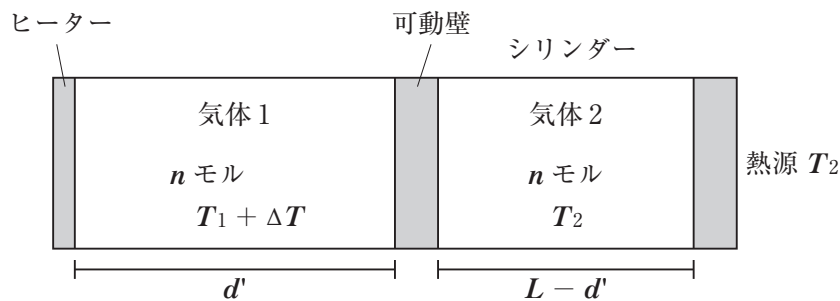


図5

物 理  $\frac{6}{6}$

問3 気体1と気体2の内部エネルギーの変化をそれぞれ求めよ。

問4 気体1が気体2に与えた仕事  $W$  を、 $n$ 、 $R$ 、 $\Delta T$ 、 $Q_1$  を用いて表せ。

問5 気体2から熱源に移動した熱量を  $Q_2$  として、 $\Delta T$  を  $n$ 、 $R$ 、 $Q_1$ 、 $Q_2$  を用いて表せ。

問6 この過程において、気体2の圧力  $p$  と体積  $V$  のグラフを描き、 $Q_2$  に相当する部分を斜線で示せ。またこれを計算により求め、 $n$ 、 $R$ 、 $T_2$ 、 $d$ 、 $d'$ 、 $L$  を用いて表せ。