

物理基礎・物理 (その1)

第1問 以下の問い(問1～5)に答えよ。

図1のように、水平と 30° の角をなす斜面上の点 O に、長さ L で伸び縮みしない軽い糸の一端を固定し、他端に質量 m の小球を取り付けた。斜面の左半分は摩擦のないなめらかな面で、右半分は摩擦のあるあらい面になっている。その境界線は点 O を通る斜面の最大傾斜線と一致している。摩擦のない面に小球を置き、糸をたるまないようにして水平にした状態から静かに放したところ、小球は境界線上の点 P を通過し、摩擦のある面上の点 Q でいったん静止した。このとき、線分 OP と線分 OQ のなす角は 60° であった。重力加速度の大きさを g とする。

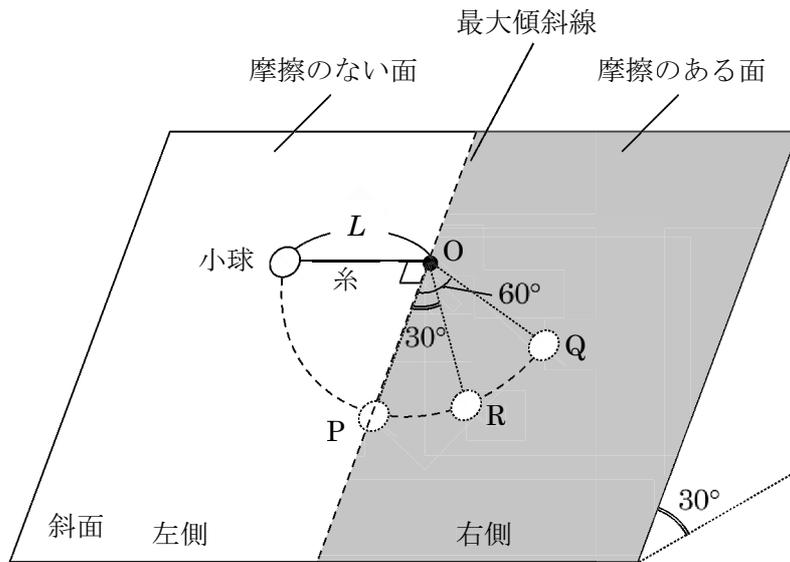


図1

問1 小球が点 P を通過するときの速さを答えよ。

問2 小球が点 P を通過する直前の糸の張力の大きさを答えよ。

問3 小球が点 P を通過してから点 Q で静止するまでの間に、摩擦によって失われた力学的エネルギーを答えよ。

物理基礎・物理 (その2)

摩擦のある面と小球との間の動摩擦係数は一定であるとする。

問4 摩擦のある面において、小球にはたらく摩擦力の大きさを答えよ。

問5 摩擦のある面と小球との間の動摩擦係数の値を答えよ。

物理基礎・物理 (その3)

第2問 以下の問い(問1～4)に答えよ。

図2のように x 軸上の $x = -a$ に電気量 $+4q$ ($q > 0$) の点電荷 A, $x = a$ に電気量 $+q$ の点電荷 B が固定されている。点電荷の運動は x 軸方向に限られるものとし、クーロンの法則の比例定数を k とする。

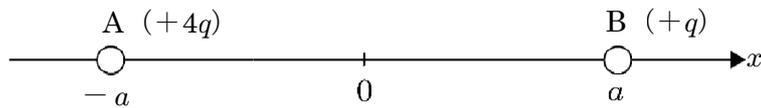


図2

問1 点電荷 A, B にはたらく静電気力の大きさを答えよ。

問2 点電荷 A, B の間で電場の強さが0となる位置の x 座標を答えよ。

$x = 0$ の位置に電気量 $+Q$ ($Q > 0$) の点電荷 P を置き、この点電荷に外力を加え $x = \frac{1}{2}a$ の位置までゆっくりと移動させた。その後、点電荷 P を初速度0で運動させたところ、点電荷 P は $x = x_1$ と $x = \frac{1}{2}a$ の間を往復運動するようになった。

問3 点電荷 P を $x = 0$ から $x = \frac{1}{2}a$ まで移動させるために外力がした仕事を答えよ。

問4 x_1 を答えよ。答えを求める過程も記述すること。

物理基礎・物理 (その4)

第3問 以下の問い(問1～5)に答えよ。

図3のように、ピストンをはめた管 a と両端の開いた管 b を用意し、それぞれの開口部近くにスピーカーA とスピーカーB を設置する。はじめ、管 a の開口部からピストンまでの距離を L としてピストンの位置を固定する。管 b の長さは $\frac{6}{5}L$ である。音速を V とし、開口端補正は無視できるものとする。

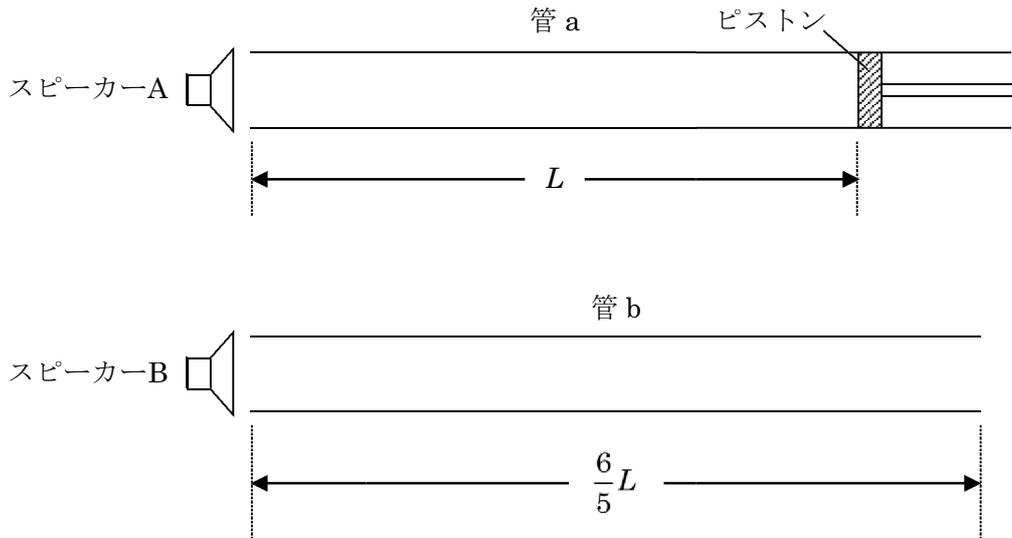


図3

はじめに、スピーカーAのみを作動させて管 a による共鳴実験を行った。スピーカーA から出る音波の振動数を 0 から徐々に大きくしていくと、管 a が m 回目に共鳴したときの振動数は f_{am} であった。ただし、 m は正の整数である。

問1 f_{am} を、 L 、 V 、 m を使って表せ。

次に、スピーカーBのみを作動させて管 b による共鳴実験を行った。スピーカーB から出る音波の振動数を 0 から徐々に大きくしていくと、管 b が n 回目に共鳴したときの振動数は f_{bn} であった。ただし、 n は正の整数である。

問2 f_{bn} を、 L 、 V 、 n を使って表せ。

物理基礎・物理 (その5)

続いて、スピーカーA とスピーカーB が常に同じ振動数の音波を発生させるように調整して、両方のスピーカーを作動させて共鳴実験を行った。両方のスピーカーから出る音波の振動数を 0 Hz から徐々に大きくしていくと、ある振動数では管 a と管 b が同時に共鳴した。

問3 最初に管 a と管 b が同時に共鳴したときの振動数を答えよ。ただし、 $L=1\text{ m}$ 、 $V=340\text{ m/s}$ とし、答えは整数で答えること。

最後に、スピーカーB を停止し、スピーカーA から振動数 f の音波を出したところ、管 a は基本振動で共鳴した。そのままスピーカーA を管 a から遠ざかる向きに一定の速さ v で動かし始めると、その後から管 a は共鳴しなくなった。

問4 スピーカーA を動かしているとき、スピーカーA から出て管 a へ向かう音波の波長を、 V 、 f 、 v を使って表せ。

スピーカーA を動かし続けたまま、ピストンの固定を外し、スピーカーA から遠ざかる向きにピストンをゆっくりと動かしたところ、ピストンが ΔL だけ動いたところで管 a は再び共鳴した。ただし、 v は V より十分小さいものとする。また、管 a は十分長く、ピストンが管 a から外れることはないものとする。

問5 ΔL を、 L 、 V 、 v を使って表せ。

物理基礎・物理 (その6)

第4問 以下の問い(問1～5)に答えよ。

ある量の単原子分子理想気体を、図4のように状態A→状態B→状態C→状態Aと変化させるサイクルを考える。状態Aの体積は V_0 、状態B、Cの体積は $2V_0$ である。また状態Aから状態Bへは、圧力 P と体積 V との間に $P=kV$ (k は定数)の関係が成り立つように変化させるものとする。

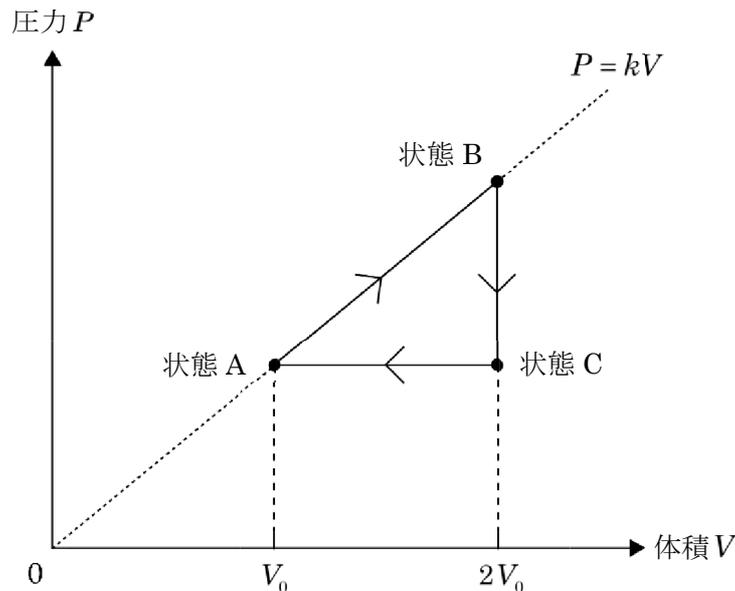


図4

- 問1 状態A, B, Cの絶対温度をそれぞれ T_A , T_B , T_C とする。各状態の絶対温度の比 $T_A : T_B : T_C$ をできるだけ簡単な整数比で答えよ。
- 問2 状態Bにおける気体の内部エネルギーを答えよ。
- 問3 状態Aから状態Bまでの過程で気体が吸収した熱量を答えよ。
- 問4 1サイクルの間に気体が外部にした仕事を答えよ。
- 問5 状態A→状態B→状態C→状態Aの過程を熱機関とみなしたときの熱効率を、既約分数で答えよ。