

後期日程

平成31年度入学試験（後期日程）

物 理

（ 理 工 学 部 ）

————— 解答上の注意事項 —————

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で8ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は□1から□4まで4問あります。解答のみを、解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
6. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1

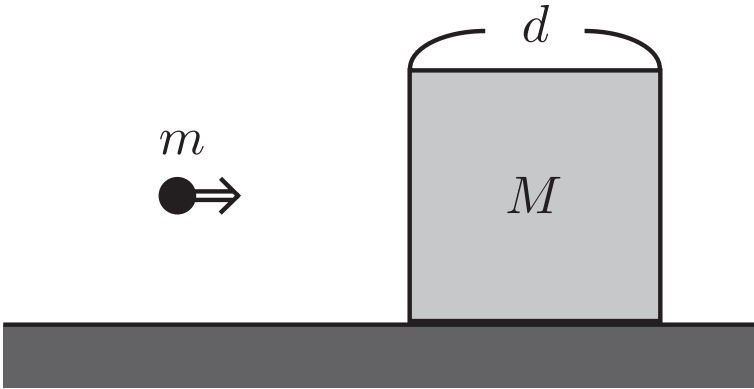
質量 M で一辺の長さが d の立方体の木片が、なめらかな水平面上に置かれている。質量 m で大きさが無視できる弾丸を、木片の面に垂直に打ち込む。木片内を進む弾丸は、速さと位置によらず、進行方向と逆向きに一定の大きさ R の力を木片から受け続けるとする。弾丸は進行方向を変えないものとし、空気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

はじめ木片を水平面上に固定した。

- (1) 弾丸を速さ v_0 で打ち込んだとき、弾丸は木片内で静止した。弾丸が木片内を進んだ距離を求めよ。
- (2) 木片を貫通させることができる、弾丸の最小の速さを求めよ。

次に木片の固定を外した。以下では、弾丸が打ち込まれた後、木片は水平面上を回転せずに滑るものとする。

- (3) (1) と同じ速さ v_0 で弾丸を打ち込んだとき、弾丸は木片内で静止し、弾丸と木片は一体となって動いた。その速さを求めよ。
- (4) (3) において、弾丸が木片に入り込んだ深さを求めよ。
- (5) 弾丸の速さが大きいと、弾丸は木片を貫通する。弾丸を打ち込む速さが v_1 のとき、貫通後の木片の速さを求めよ。
- (6) 打ち込む弾丸の速さの違いにより、貫通後の木片の速さは変化する。貫通後の木片の速さに関する記述で正しいものを、(a)~(e) の中から一つ選び記号で答えよ。
 - (a) 弾丸の速さを大きくすると増加し続ける。
 - (b) 弾丸の速さによらず一定になる。
 - (c) 弾丸の速さを大きくすると減少し続ける。
 - (d) 弾丸の速さを大きくすると、増加したのち減少する。
 - (e) 弾丸の速さを大きくすると、減少したのち増加する。



2

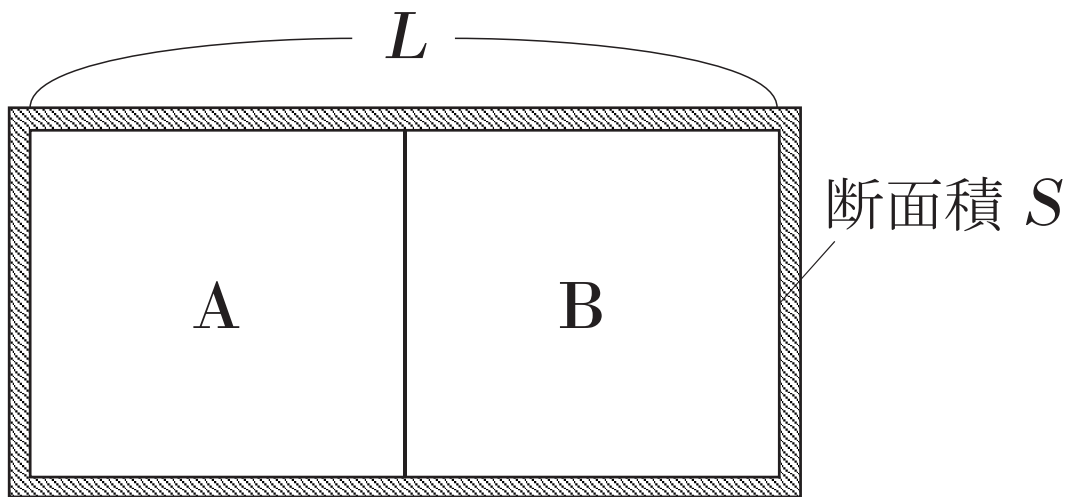
図のように、断面積 S 、長さ L の断熱容器が、熱をよく通し、滑らかに動くことのできる薄い壁によって、A、B の部分に分けられている。はじめ A と B にはそれぞれ絶対温度が T_A 、 T_B ($T_A < T_B$) の、同じ種類の理想気体が入っており、壁は断熱容器の中央の位置で静止していた。次の問いに答えよ。

- (1) A と B に入っている気体の物質量をそれぞれ n_A 、 n_B とする。 n_A を T_A 、 T_B 、 n_B を用いて表せ。

しばらくすると、A、B の気体の温度が等しくなるまで壁が移動した。

- (2) 壁が移動した距離を、 T_A 、 T_B 、 L を用いて表せ。
- (3) 壁が移動し終わったあとの A、B の気体の温度を、 T_A 、 T_B を用いて表せ。
- (4) 次のうち、この現象について正しく述べた文の記号をすべて答えよ。
- (a) 壁が移動し終わったあと、A、B の気体の密度は等しい。
 - (b) 壁が移動し終わったあとの A の気体の圧力は、移動前の圧力と等しい。
 - (c) この過程で、A の気体は仕事をしていない。
 - (d) この過程の前後で、気体全体の内部エネルギーは増加した。

- (5) 気体分子の質量を m とし、壁が移動し終わったあとの、A の気体分子の 2 乗平均速度 (速度を 2 乗したものの平均値) を求めよ。ただし、(3) で求めた温度を T_F 、アボガドロ定数を N_A 、気体定数を R とせよ。



質量 m で電気量 q をもつ小球の磁場中での運動を考える。ただし、 $q > 0$ とする。まず、図 1 のように、磁束密度 B の一様な磁場中を小球が速さ v で等速円運動する場合を考える。ここで、磁場は紙面に垂直に表から裏の向きにかけられており、小球は紙面上を運動している。

- (1) 円軌道の半径を求めよ。
- (2) 回転の向きは、紙面を上から見て、左回り（反時計回り）か、右回りか。

以下では、一様な磁場の代わりに、十分に長い導線を通る直線電流が作る磁場を考える。図 2 のように、 x 軸、 y 軸、 z 軸をとる。 y 軸上に導線が置かれ、正の向きに強さ I の電流が流れている。真空の透磁率は μ_0 である。

- (3) 点 $P(x_0, y_0, 0)$ での磁束密度の大きさを求めよ。ここで、 $x_0 > 0$ とせよ。

はじめ、小球は点 $P(x_0, y_0, 0)$ を速さ v で移動していた。速度の z 成分は 0 であった。

- (4) 小球が磁場から受けるローレンツ力の大きさを求めよ。
- (5) 短い時間間隔では小球が円運動をするとみなせる。点 P での円軌道の半径を求めよ。

その後の小球の運動を考察し、以下の問いに答えよ。

- (6) 次の文のうち正しいものを全て選び、(a)~(h) の記号で答えよ。

- (a) 小球の座標の z 成分は増加し続ける。
- (b) 小球の座標の z 成分は減少し続ける。
- (c) 小球の座標の z 成分は一定である。
- (d) 小球の座標の z 成分は増加、減少を繰り返す。
- (e) 小球の速さは増加し続ける。
- (f) 小球の速さは減少し続ける。
- (g) 小球の速さは一定である。
- (h) 小球の速さは増加、減少を繰り返す。

- (7) しばらくすると、小球の速度の向きは、はじめの向きに戻るが、そのときの小球の位置は点 P と異なる。その位置は点 P から見てどの向きにあるか。 $+x$ 方向、 $-x$ 方向、 $+y$ 方向、 $-y$ 方向、 $+z$ 方向、 $-z$ 方向の中から一つ選べ。

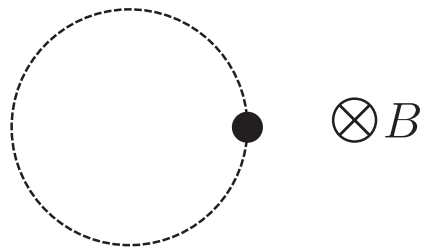


图 1

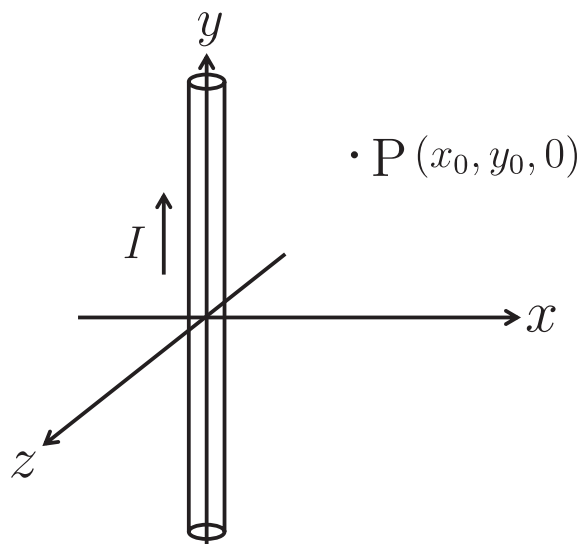


图 2

4

気柱の共鳴について考える。図のように、空気中に置かれたガラス管に右側からピストンを挿入し、左側に発生音の振動数を調節できるスピーカーを置いた。音速 V は一定であり、開口端補正は無視できるものとする。以下の問いに答えよ。

最初にピストンを固定した。このときの、ガラス管の左の管口からピストンの左端までの距離を l とする。スピーカーの振動数を 0 からゆっくりと増していった。

- (1) 最初の共鳴が起こる振動数を l と V を用いて表せ。
- (2) n 回目 ($n = 2, 3, \dots$) の共鳴が起こるときに気柱にできる定常波（定在波）の節の数を n を用いて表せ。
- (3) n 回目の共鳴が起こるときの定常波の波長を n と l を用いて表せ。
- (4) n 回目の共鳴が起こるときの振動数を n , l , V を用いて表せ。

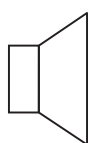
次に、スピーカーの振動数を (4) の $n = 2$ の値に固定して、ピストンをガラス管の左の管口の位置からゆっくりと右に動かした。

- (5) 最初の共鳴が起こったときの、管口からピストン左端までの距離を l を用いて表せ。

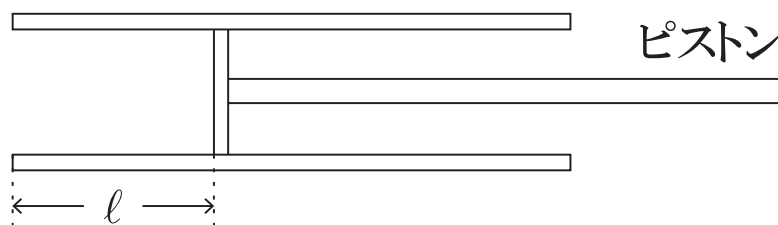
さらに、ピストンを (5) の位置に固定したまま、スピーカーの振動数をゆっくりと大きくした。

- (6) 次に共鳴が起こる振動数の値を l と V を用いて表せ。

スピーカー



ガラス管



ピストン