

後期日程

令和 7 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」の合図があつたら、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

図のように、下端が固定されて鉛直に保たれたばね定数 k の軽いばねがあり、その上端は、水平に保たれた質量 M のうすい板の重心に取り付けられている。はじめ、板は静止している。板の重心の鉛直上方、高さ H の位置から、質量 m ($m < M$) の小物体を初速度 0 で落下させると板に衝突した。空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを g として、以下の問い合わせよ。ただし、ばねの運動においてフックの法則が成り立つとする。また、速度の向きは、鉛直下向きを正の向きとする。

まず、小物体と板との衝突が、弾性衝突（完全弾性衝突）の場合を考える。

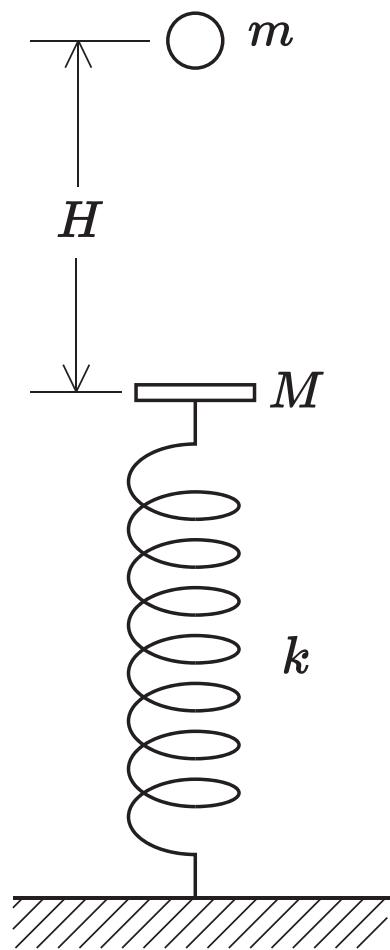
- (1) 衝突の直前の小物体の速さを求めよ。
- (2) 衝突の直後の小物体の速度を v 、板の速度を V とする。衝突の前後での運動量保存の式を書け。
- (3) このとき反発係数（はねかえり係数）が 1 であることを用いて、衝突の前後における速度の関係式を書け。

これ以降の問い合わせでは、 v および V を用いずに答えよ。

- (4) 衝突の直後の (i) 小物体の速度および (ii) 板の速度を求めよ。
- (5) 衝突後に板は鉛直下方に運動し、最下点に到達後、再び鉛直上方に運動をした。板のはじめの位置から、最下点までの距離を求めよ。

次に、小物体と板との衝突が、完全非弾性衝突の場合を考える。

- (6) 小物体と板が一体となった瞬間の速度を求めよ。
- (7) 小物体と板は一体となって振動運動した。振動の周期を求めよ。



2

気圧 p_0 の大気中に、断面積 S 、高さ $2L$ の上部が開いている円筒容器が置かれている。図 1 のように、この容器の中に、なめらかに動くピストンと密度 ρ の液体を用いて理想気体を封入したところ、ピストンの高さは L 、気体の圧力は $2p_0$ となった。このとき、液体は容器の一番上まで満たされており、液面は水平であるとする。また、重力加速度の大きさは g とする。次の問い合わせに答えよ。ただし、ピストンの厚さと質量は無視してよい。

- (1) 大気が液体を押す力の大きさを求めよ。
- (2) ピストンにはたらく力の鉛直方向のつり合いの式を示せ。
- (3) p_0 を求めよ。

次に、気体を温めたところ、図 2 のようにピストンがゆっくりと上昇をはじめ、液体が容器の上からあふれはじめた。このとき、液面は常に水平であるとする。そして、液体がすべてあふれ出したところで気体を温めるのを止めたところ、ピストンは止まった。以下の問い合わせに、 p_0 を用いずに答えよ。ただし、この操作の間に理想気体は容器から出ないものとする。

- (4) ピストンが上昇している間の気体の体積を V として、気体の圧力を求めよ。
- (5) 図 1 に示した最初の状態から、液体がすべて容器からあふれ出た最後の状態へと変化したときの、気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
- (6) 最初の状態から最後の状態へと変化したときに、気体が外部にした仕事を求めよ。
- (7) 最初の状態から最後の状態へと変化したときに、気体が吸収した熱量を求めよ。

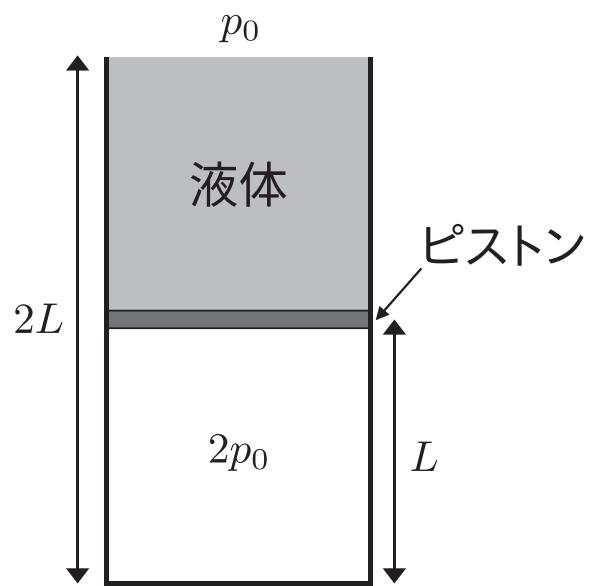


図1

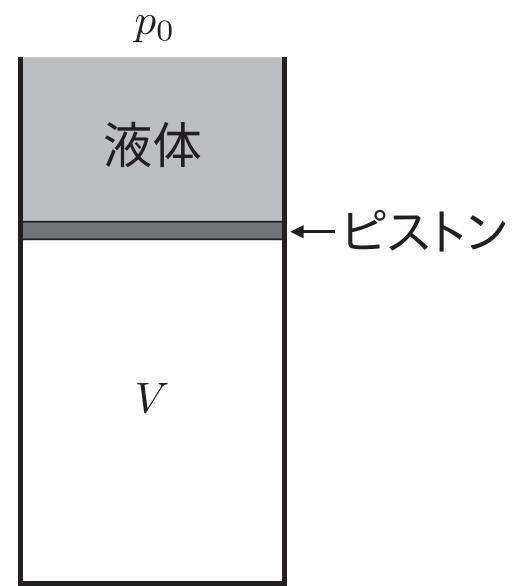


図2

3

図1のように、1辺の長さ L の正方形で薄い金属板2枚からなる平行板コンデンサーが、真空中に置かれている。極板間の距離は $3d$ である。コンデンサーの一方の電極に $+Q$ の正電荷が、他方の電極に $-Q$ の負電荷が与えられている。真空の誘電率を ϵ_0 とし、コンデンサーの端の効果は無視できるものとする。

- (1) 極板間に生じる電場の大きさ E を求めよ。ここで、電気量 Q の帶電体から出る電気力線の総数は $\frac{Q}{\epsilon_0}$ であることを用いてもよい。
- (2) 極板間の電位差を E, d を用いて表せ。
- (3) コンデンサーの電気容量を ϵ_0, d, L を用いて表せ。これ以降、このときのコンデンサーの電気容量を C_0 とする。

次に、図2のように、1辺の長さ L の正方形で厚さが d の金属板を、コンデンサーの極板間の中央に挿入した。

- (4) このときのコンデンサーの電気容量を C_0 を用いて表せ。
- (5) コンデンサーの静電エネルギーを C_0, Q を用いて表せ。

厚さ d の金属板を取り除き、コンデンサーの極板間を比誘電率2の誘電体で埋めた。そして、図3のように、誘電体を図の右方向に半分引き出した。誘電体は極板の間をなめらかに移動できるものとする。

- (6) 誘電体を引き出すときに外力がした仕事を、 C_0, Q を用いて表せ。
- (7) 図3の状態で外力をなくすと、誘電体はどのような運動をするか。次の(ア)～(ウ)から選び、記号で答えよ。
(ア) 図の左向きに動きはじめる。
(イ) 図の右向きに動きはじめる。
(ウ) 静止したままである。

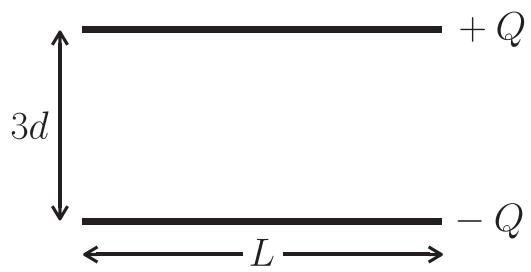


図 1

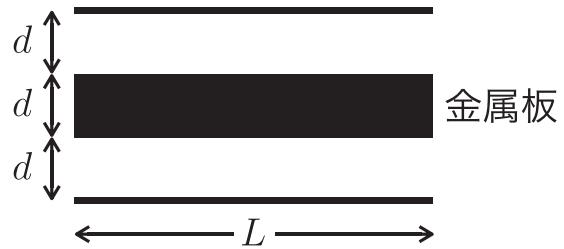


図 2

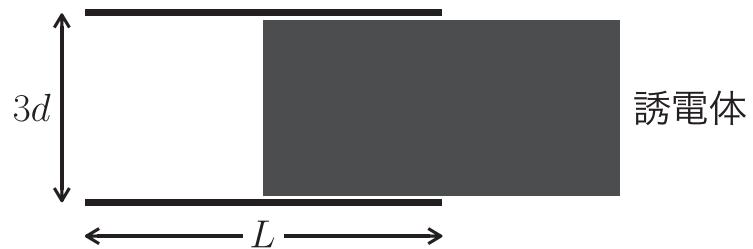


図 3

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整できるスピーカーを置いた。音速 V は一定として、開口端補正も考慮して、以下の問い合わせに答えよ。ただし、開口端補正是振動数などによって変化しないものとする。

スピーカーの振動数を f に固定して、ピストンをガラス管の左の管口の位置から右にゆっくりと動かしたところ、図のように左側の管口からピストンの左端までの距離が L になるところで、最初の共鳴が起こった。

- (1) 音の波長を V と f を用いて表せ。
- (2) 開口端補正と音の波長の大小関係で適切なものを次の(ア)~(エ)から選び、記号で答えよ。
 - (ア) 開口端補正是音の波長の $\frac{1}{4}$ より短い。
 - (イ) 開口端補正是音の波長の $\frac{1}{4}$ より長く、音の波長の $\frac{1}{2}$ より短い。
 - (ウ) 開口端補正是音の波長の $\frac{1}{2}$ より長く、音の波長より短い。
 - (エ) 開口端補正是音の波長より長い。
- (3) 開口端補正を V , f および L を用いて表せ。
- (4) ピストンをさらに右にゆっくりと動かしたところ、2回目の共鳴が起こった。このときの左の管口からピストンの左端までの距離を、 V , f および L を用いて表せ。
- (5) ピストンをガラス管の左の管口の位置から右にゆっくりと動かしたところ、左側の管口からピストンの左端までの距離が $\frac{17}{16}L$ になるところで、最初の共鳴が起こった。このときの音の振動数を V , f および L を用いて表せ。
- (6) ピストンをさらに右にゆっくりと動かしたところ、2回目の共鳴が起こった。このときの左の管口からピストンの左端までの距離を、 V , f および L を用いて表せ。

