

# 物 理 (120分)

(令和4年度 後期日程)

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は全部で8ページから成っています。表紙を開くと白紙があります。さらに、その白紙を開いた左のページから1ページ目の問題が始まります。印刷が不鮮明な場合、又はページの脱落に気付いたときは、申し出てください。
3. 解答用紙は2枚です。
4. 解答は必ず解答用紙の指定された欄に記入してください。
5. 解答用紙には必ず受験番号、氏名を記入してください。記入を忘れたとき、あるいは誤った番号を記入したときは失格となることがあります。
6. 解答用紙の解答欄に、関係のない文字、記号、符号などを記入してはいけません。
7. 解答は200点満点で採点され、海事システム工学科は採点結果の1.5倍が得点になります。
8. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

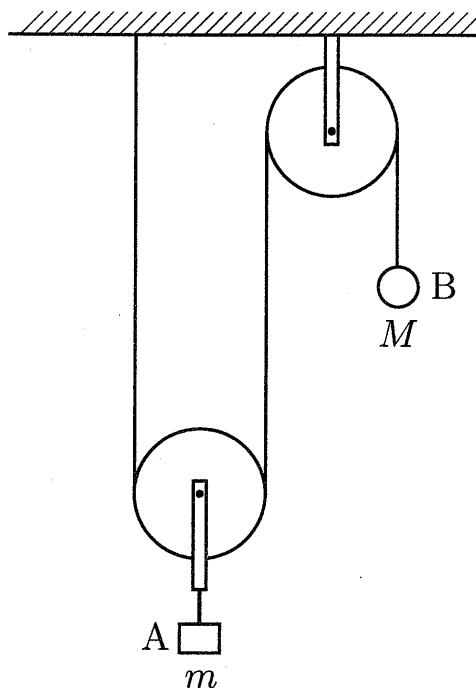
- [1] (配点 50 点) 次の文章の中の  にあてはまる式または数値を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

図のように1つの定滑車と1つの動滑車が天井からつり下げられている。ひもの一端は天井に固定され、他端は動滑車、定滑車を经たのち物体 B につながっている。動滑車の中心には物体 A が棒でつり下げられている。物体 A, B は十分小さく、物体 A の質量を  $m$ 、物体 B の質量を  $M$  とする。滑車、ひも、棒の質量は無視できるものとし、滑車はどちらもなめらかに回転するものとする。また、ひもはのびないものとする。

物体 B を手で持った状態から静かに放したところ、物体 B は鉛直下向きに動きはじめた。このとき、物体 B が下降するための条件は  である。物体 B の加速度の大きさは、物体 A の加速度の大きさの  倍である。

物体 A の運動方程式は、物体 A の鉛直上向きを正とした加速度を  $a$  とし、動滑車にかかるひもの張力の大きさを  $T$  とすると  となる。同様に、物体 B の運動方程式は、物体 B の加速度の正の向きを鉛直下向きにとれば  となるので、この2式より、 $a$  および  $T$  を求めると、 $a =$  ,  $T =$   となる。

物体 B が、はじめ静止していた位置より距離  $l$  だけ落下するまでの運動を考える。ただし、滑車どうしは接触しないものとする。物体 B の落下にかかる時間は、物体 A の加速度  $a$  を用いて  とあらわされる。物体 B が距離  $l$  だけ落下したときの速さは、加速度  $a$  を用いて  とあらわされる。また、物体 B の距離  $l$  だけ落下した後の運動エネルギーは、加速度  $a$  を用いずにあらわせば  である。この落下で物体 B が失う力学的エネルギーの大きさは、加速度  $a$  を用いずにあらわせば  である。





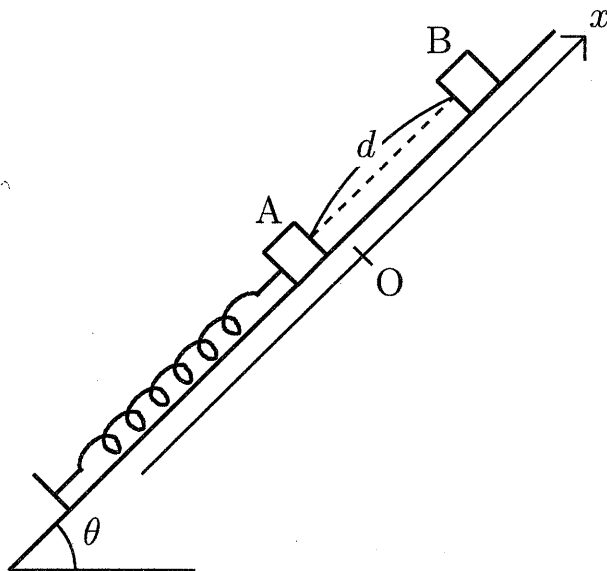
- [2] (配点 50 点) 次の文章の中の  にあてはまる式を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。  
この問題においては、物体の運動は斜面上の最も勾配が大きい直線に沿って起こるものとする。  
重力加速度の大きさを  $g$  とする。

図のように、水平に対して  $\theta$  の角度をなすなめらかな斜面に質量が無視できるばね定数  $k$  のばねの下端を固定し、その上端に質量  $m$  の小さな物体 A を取り付けた。斜面に沿って上向きに  $x$  軸を取り、物体の位置を  $x$  座標であらわすこととする。ただし、ばねが自然長のときの物体の位置を  $x$  座標の原点  $O$  とする。物体 A をつり合いの位置で静止させたところ、ばねは自然長から  だけ縮んでいた。すなわち、このときの物体 A の座標は  $x = -$   ということになる。

次に、物体 A から斜面に沿って上方、距離  $d$  だけ離れた場所に質量  $m$  の小さな物体 B を置き、静かに手を放した。物体 B は斜面に沿って運動し、物体 A と衝突した。衝突直前の物体 B の速度は  であった。衝突後、物体 A と物体 B は一体となって運動した。一体となった物体を C と呼ぶこととする。衝突直後の物体 C の速度は  である。この時点での、物体 C の運動エネルギーは 、ばねの弾性力による位置エネルギーは 、 $x$  軸の原点を基準とした重力による位置エネルギーは  である。

衝突後、物体 C は斜面に沿って下向きに運動し、いったん静止する。そのときの物体 C の位置は  $x =$   である。その後、物体 C は斜面に沿って上向きに運動し、再びいったん静止する。このときの物体 C の位置は  $x =$   である。

物体 C は周期  で単振動する。この運動の間、物体 C の速度は位置  $x =$   のときに最大となり、その値は  である。





- [3] (配点 50 点) 次の文章の中の  にあてはまる式を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし、 (b),  (h) については { } の中のいずれか一つを選んで記入しなさい。また、 (d) については選択肢から最も適切なものを選びその記号を記入しなさい。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

図 1 のように、十分長い 2 本の金属のレールが水平面内に間隔  $l$  で平行に置かれている。この 2 本のレールの間には内部抵抗の無視できる起電力  $E$  の電池、スイッチ  $S$  と可変抵抗がつながれ、磁束密度の大きさ  $B$  の一様な磁場 (磁界) が鉛直下向きにかけられている。レールの上に質量  $m$  の導体棒  $XY$  をレールに垂直になるように置き、導体棒の中心に伸びない糸の一端をつなぎ、なめらかに回転する定滑車を通して他端に質量  $M$  のおもりをつり下げ、手で支えた。導体棒は、常にレールと垂直を保ちながらなめらかにレール上を動くことができる。レールや導線、導体棒の電気抵抗、導体棒とレールとの間の摩擦、滑車と糸の質量、レール等を流れる電流が作る磁場は無視できるものとする。

はじめに、可変抵抗の抵抗値を  $R$  としてスイッチ  $S$  を  $P$  側に接続し、おもりからそっと手を放した。手を放した直後の導体棒の加速度の大きさは  (a) となる。十分時間がたった後、導体棒は一定の速さで運動するようになった。このとき、電流は導体棒を  (b)  $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow X\}$  の向きに流れていて、導体棒の速さは  (c) である。おもりから手を放した後の導体棒の速さの時間変化は  (d) のようになる。

次に、スイッチ  $S$  を切っておもりと導体棒を静止させ、手で支えた。この状態で可変抵抗の抵抗値を変え、スイッチ  $S$  を  $Q$  側と接続し、おもりと導体棒からそっと手を放したところ、おもりは静止したままであった。このときの可変抵抗の抵抗値は  (e) である。

可変抵抗の抵抗値を  (e) の  $3/4$  倍にしたところ、おもりは上昇を始めた。抵抗値を変えた直後のおもりの加速度の大きさは  (f) となる。十分時間がたった後、おもりは一定の速さで上昇するようになった。このときのおもりの速さは  (g) である。また、このとき電流は導体棒を  (h)  $\{X \rightarrow Y, Y \rightarrow X\}$  の向きに流れていて、その大きさは  (i) である。

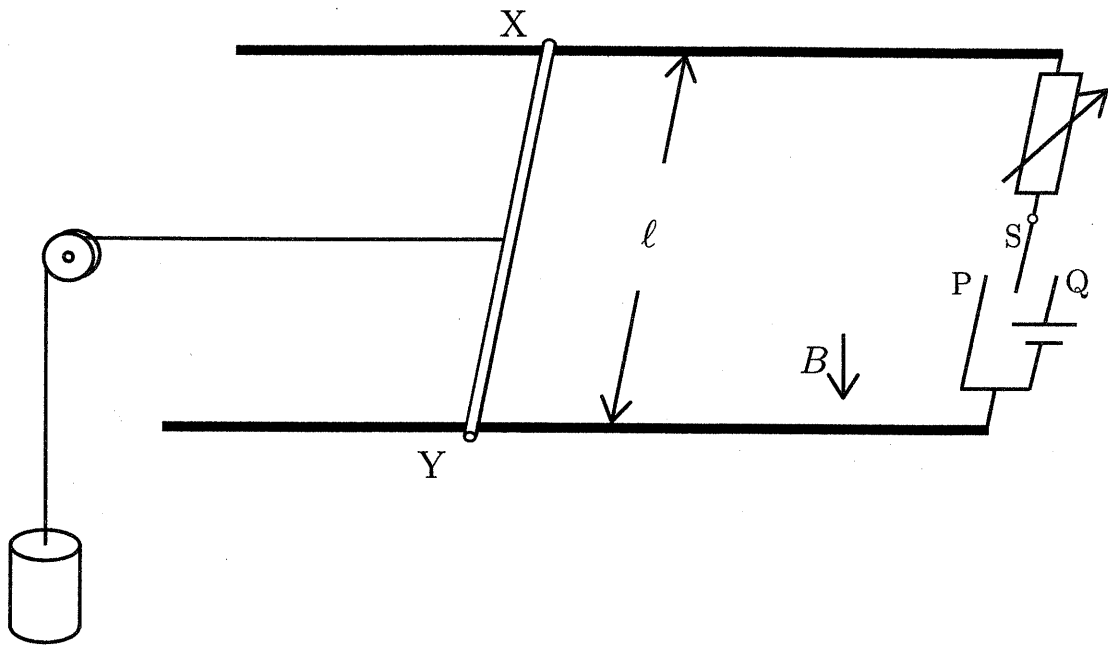
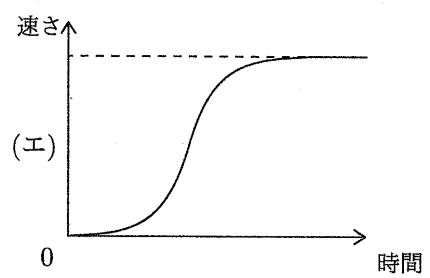
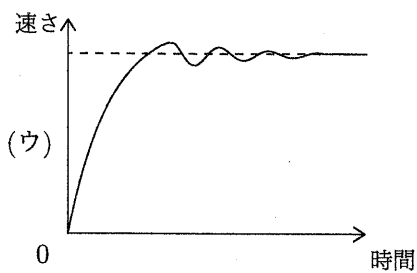
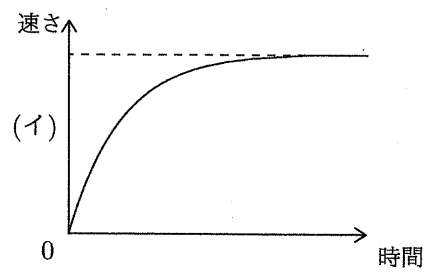
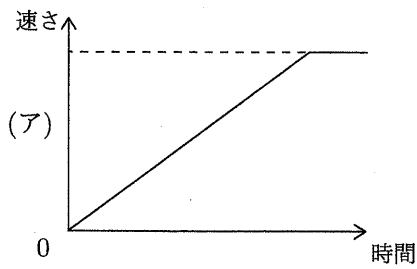


図 1

解答欄(d)  
の選択肢



- [4] (配点 50 点) 次の文章の中の  にあてはまる式または数値を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし、 (ケ) ~  (サ) については、有効数字を 3 桁としなさい。また、 (オ) については、実線でグラフを描きなさい。

風のない空気中での音の伝わり方について考える。図 1 のように、 $x$  軸上の原点  $O$  の左側 ( $x < 0$ ) にスピーカーを置き、 $x$  軸の正の向きに振動数  $f$  の音波を発生させた。音波は空気中を縦波として伝わる。

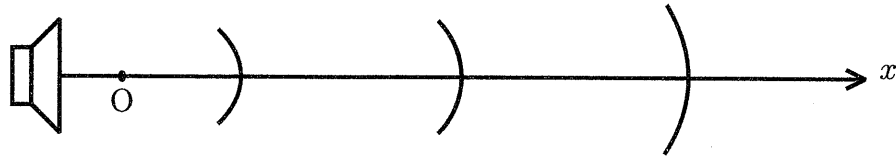


図 1

図 2 は時刻  $t = 0$  における  $x$  軸上  $0 \leq x \leq 8a$  の範囲での空気の変位 (振動の中心からのずれ) を示したグラフである。ここでは図 1 の  $x$  軸の正の向きの変位を  $y$  軸の正の向きにとった。なお、この図の音波は正弦波としてあらわされ、その振幅  $A$  は減衰しないものとする。

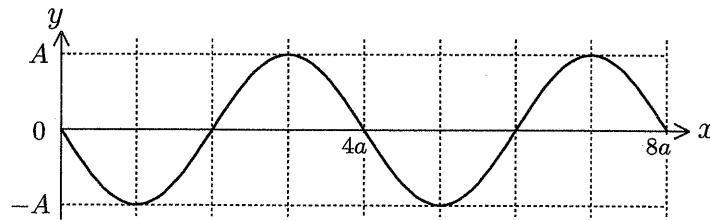


図 2

図 2 より以下のことが分かる。

- 音速は  (ア) である。
- $x$  軸上  $0 \leq x < 4a$  の範囲で、空気の密度が最小の位置は  $x =$   (イ) である。
- $x$  軸上  $0 \leq x < 4a$  の範囲で、空気の速度が最大の位置は  $x =$   (ウ) である。ただし、 $x$  軸の正の向きを正とする。
- 振動の中心が位置  $x$  にある空気の、時刻  $t$  における変位  $y$  をあらわす式を求めると、 $y =$   (エ) となる。

$x$  軸上のある位置における空気の密度の時間変化を調べた。その概略を図 3 に示す。この位置での空気の変位  $y$  の時間変化をグラフに示すと  (オ) となる。

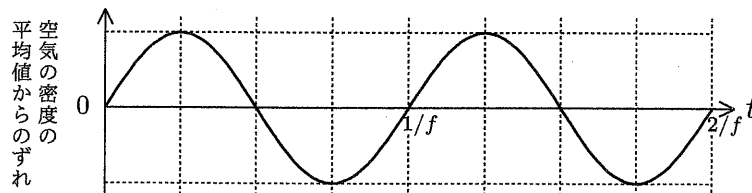


図 3



図4のように、図1のスピーカーの前方に長さ  $L$  の両方の端が開いた管（開管）を置き、音波の振動数をゆっくりと増加させていった。すると振動数  $f_1$  で共鳴が起こり、続いて振動数  $f_2$  で共鳴が起こった。ここで音速は **解答欄(ア)** とし、また開口端補正は無視できるものとする。振動数  $f_1$  での共鳴で管の中に形成される節の数を  $n$  とすると、振動数  $f_1$  は **解答欄(カ)**、振動数  $f_2$  は **解答欄(キ)** とあらわされる。

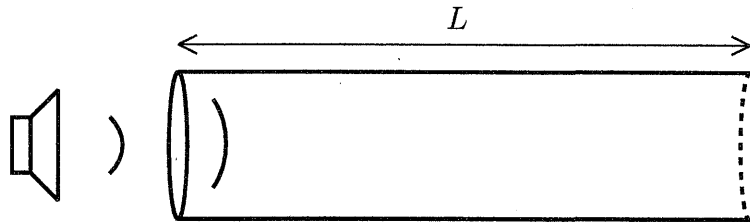


図4

開管の長さ  $L$  が 2.00 m のとき振動数  $f_1$  は 430 Hz,  $f_2$  は 516 Hz であった。この結果より、 $n$  は **解答欄(ク)** であり、音速は **解答欄(ケ)** m/s であることが分かる。

次に、開管の右側を平面でふさぎ閉管とした。音波の振動数を 516 Hz から徐々に大きくしていくと共鳴が起こった。最初に共鳴が起こる振動数は **解答欄(コ)** Hz である。

再び振動数を 516 Hz に戻す。スピーカーを図4の左方向に一定の速さで動かし、ドップラー効果を生じさせることで閉管を共鳴させた。この共鳴が起こるスピーカーの速さの最小値は **解答欄(サ)** m/s である。