

物 理 (120 分)

(令和 8 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7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。

令和 8 年 度 海 洋 工 学 部

一般選抜（後期日程）

問 題 訂 正

物 理

訂正箇所

問題用紙 3 ページ [2] 問い（ア）と問い（イ）の間の本文

（誤）A と B をわずかな距離 d だけ

（正）A と B をつりあいの位置からわずかな距離 d だけ

訂正箇所

問題用紙 3 ページ [2] 問い（エ）と問い（オ）の間の本文

（誤）A と B を押し下げる距離を

（正）A と B をつりあいの位置から押し下げる距離を

訂正箇所

解答用紙 1 枚目 [2] （エ）グラフの横軸名

（誤） 時間
→

（正） 時刻
→

- [1] (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、解答欄(a) 及び 解答欄(e) については、文末の解答群から1つ以上の語句を選び、解答としなさい。重力加速度の大きさを g とし、空気抵抗は無視できるものとする。

I.

図1のように、鉛直に立てた軸に、半径 R の円盤が、その中心を軸が貫くように取り付けられている。円盤は、その中心軸を回転軸として水平面内を回転できるものとする。軸からの距離 r ($r < R$) の場所に質量 m の小さな物体を置き、円盤を回転させた。物体と円盤の間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。はじめ円盤はゆっくり回転しており、物体は円盤に対してすべることはなく、半径 r の円運動をしていた。この円運動において、解答欄(a) が向心力としてはたらく。回転の角速度を徐々に大きくしたところ、物体は円盤上をすべり始めた(角速度の時間変化は遅く、運動への影響は無視できるものとする)。すべり始める直前の向心力の大きさは 解答欄(b) である。よって、そのときの円盤の角速度は 解答欄(c) であることがわかる。

II.

図2のように、厚さが無視できる円錐状の容器が、その中心軸が鉛直で頂点が下になるように水平な床面上に置かれていたとする。ここでは、容器の内面と中心軸のなす角度 θ が α と β ($\alpha > \beta$) の2種類の容器を用意する。この容器の内面での小さな物体の運動を考える。物体の質量を m 、物体と容器の内面との間の静止摩擦係数を μ 、動摩擦係数を μ' とする。ただし、容器は中心軸を回転軸として回転できるようになっている。

まず $\theta = \alpha$ の容器を用いる。容器を静止させたまま、容器内面の床からの高さ h の点に小さな物体を置いたところ、物体は内面をすべり落ちることなく静止した。物体が内面をすべり落ちない条件は $\mu \geq$ 解答欄(d) である。

次に $\theta = \beta$ の容器を用いる。容器を角速度 ω で回転させた。容器内面の床からの高さ h の点に小さな物体を置いたところ、物体は内面をすべることなく、容器に対して静止したまま水平面内を円運動をした。このとき、解答欄(e) の合力は水平成分のみになり、円運動の向心力としてはたらく。その大きさを ω を用いて表すと 解答欄(f) となる。角速度 ω が $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ の範囲であるとき、物体は容器に対して静止したままである。 $\omega = \omega_1$ のとき、容器の内面に沿って上向きに、最大摩擦力が物体にはたらくことになる。物体にはたらく垂直抗力を N とおくと、物体の水平方向の円運動の運動方程式は 解答欄(g) と表される。また、物体の鉛直方向のつりあいの式は 解答欄(h) と表される。これら2つの式から N を消去すると、 ω_1 は 解答欄(i) であることがわかる。一方、 $\omega = \omega_2$ のとき、容器の内面に沿って下向きに、最大摩擦力が物体にはたらくことになる。上と同様に考えると、 ω_2 は 解答欄(j) であることがわかる。

(a), (e) の解答群

重力, 張力, 垂直抗力, 静電気力, 静止摩擦力, 動摩擦力

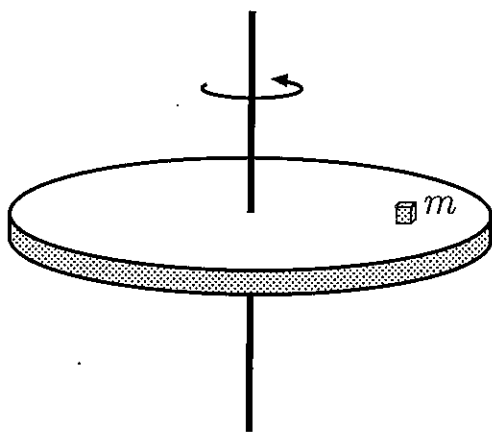


図 1

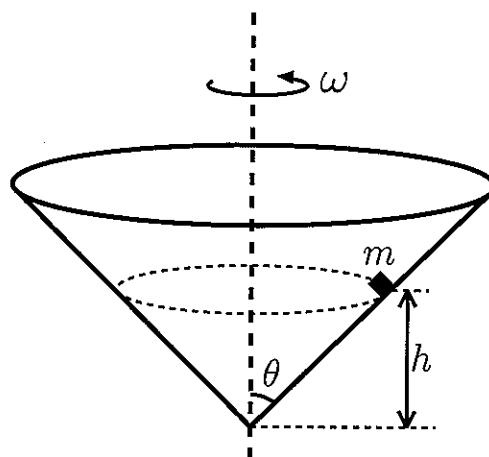


図 2

- [2] (配点 50 点) 以下の各問いに対する解答を、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 、円周率を π としなさい。

水平面からの傾き θ の摩擦の無視できる十分に長い斜面に、ばね定数 k の軽いばねの一端を固定する。次に、質量 m の大きさの無視できる物体 A をばねの他端に取り付けた。さらに図のように、同じ質量の大きさの無視できる物体 B を斜面に沿って A に重ねたところ、ばねは自然長の長さから縮んだつりあいの位置で静止した。ここでは、斜面に沿って上向きに x 軸をとり、物体の位置を x 座標で表すことにする。ただし、ばねとのつりあいで静止した物体の位置を x 座標の原点とする。なお、力の正方向は x 軸の正の向きにとるものとする。

- (ア) A と B がつりあいの位置で静止しているとき、ばねの自然の長さからの縮みを求めなさい。

A と B をわずかな距離 d だけ x 軸負の向きに押し下げて静かに放したところ、A と B は一体となって振動した。

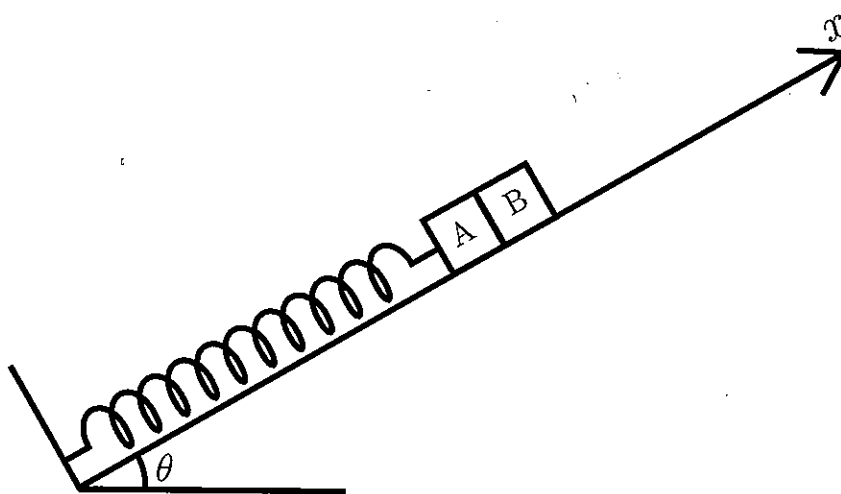
- (イ) 振動中の A と B を一体の物体とみなしたとき、この物体に加わる力の x 軸に平行な成分を、物体の位置 x を用いて示しなさい。
- (ウ) 物体の振動の周期を求めなさい。
- (エ) 物体の速度と時刻の一周期分のグラフを描き、解答欄の図を完成させなさい。ここでは、物体を放した瞬間の時刻を 0 としなさい。

A と B を押し下げる距離をさらに大きくして静かに放した。はじめ、A と B は一体となって運動した。

- (オ) 位置 x における加速度を a として、 x 軸方向における A と B それぞれの運動方程式を表しなさい。ここでは、A が B を押す力を f としなさい。
- (カ) 位置 x における f を求めなさい。

その後、A と B は分離して運動した。

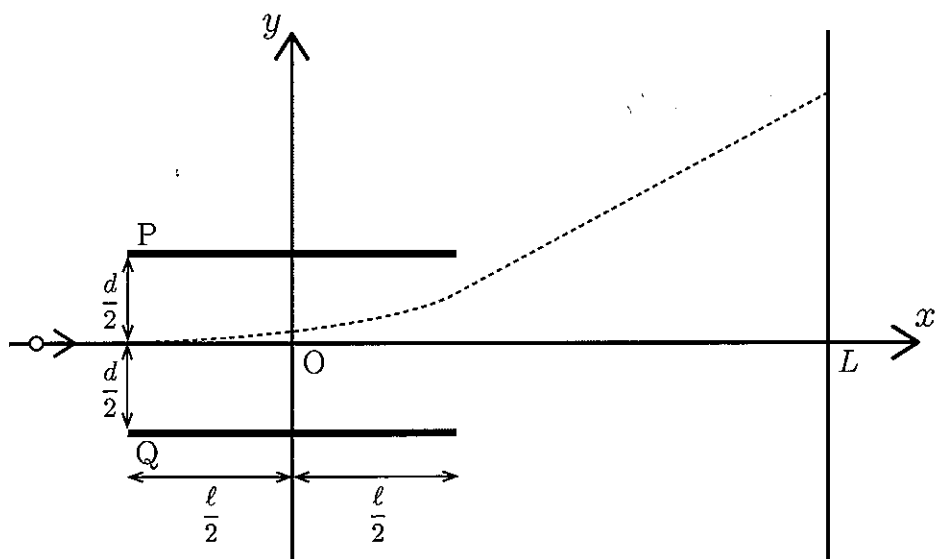
- (キ) 分離した瞬間の x の値を求めなさい。
- (ク) A と B が分離するとき、はじめに押し下げる距離はある値より大きくなければならない。その値を求めなさい。
- (ケ) 押し下げる距離を、(ク) で求めた距離の 2 倍とした。分離後に B が到達する位置 x の最大値を求めなさい。



- [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、 解答欄(1), 解答欄(7) については { } の中のいずれか一つを選んで記入しなさい。

真空中で質量 m , 電荷 $-e$ ($e > 0$) の電子が等速直線運動をしている。電子の進行方向を x 軸、進行方向と垂直に y 軸を取り、 x 軸と y 軸の交点を原点とする。図のように、電子の経路の途中に長さ ℓ , 間隔 d の、2 枚の極板 P, Q を x 軸に対して等間隔で平行に、 y 軸がそれぞれの極板の中心を貫くように置く。さらに、 $x = L$ の位置に x 軸に垂直な蛍光板を置く。電子が蛍光板に当たると光ることから、電子の位置を測定することができる。これを利用して、電子の持つ電気量の大きさと質量との比 (比電荷) を求めよう。ここで、 xy 平面に垂直に原点を通る直線を z 軸とし、紙面の裏から表向きをその正の向きとする。重力の影響は無視できるものとする。

- (I) 極板間に電圧 V をかけると、極板間にのみ一様な電場が生じた。 x 軸に沿って電子を速さ v_0 で極板間に進入させたところ、電子の軌道は y 軸正の向きに曲げられた。このとき、正に帯電している極板は 解答欄(1) { P, Q } であり、極板間では電子に大きさ 解答欄(2) の加速度が生じている。電子は極板に衝突せずに極板間を通過した。電子が極板間に進入してから通過するまでの時間は 解答欄(3) であり、通過直後の電子の速度の y 成分は 解答欄(4) である。電子が極板に衝突せずに通過する条件は $d > \text{解答欄(5)}$ となる。電子は極板間を通過した後、蛍光板に到達した。電子が到達した点の y 座標を y_1 とすると、 $y_1 = \text{解答欄(6)}$ である。
- (II) 極板間に電圧 V をかけたまま、極板で挟まれた領域に磁束密度の大きさ B の一様な磁場をかけた。この状態で (I) と同様に電子を速さ v_0 で極板間に進入させたところ、電子は x 軸に沿って直進し、蛍光板に到達した。かけた磁場の向きは 解答欄(7) { x, y, z 軸 { 正, 負 } } であり、電子の速さ v_0 は 解答欄(8) とかける。よって、電子の比電荷 e/m は y_1, ℓ, L, V, d, B を用いて 解答欄(9) と表される。
- (III) (II) の状態から極板間の電圧を 0 にして、電子を同じ速さ v_0 で極板間に進入させた。極板で挟まれた領域では、電子は円運動をする。このときの円運動の半径を ℓ, L, y_1 を用いて表すと 解答欄(10) である。



- [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、解答欄(iv)、解答欄(viii) は有効数字 2 桁で解答しなさい。

波長 λ の単色光を平行光線として取り出せる光源 S と、光の半分を通し残り半分を反射する厚さの無視できる半透明鏡 H を図のように配置する。また、平面鏡 M_1 , M_2 を図のような位置関係で光線と垂直になるようにおく。なお、装置全体は真空中にあるとする。 S から出た光は H で二方向にわかれ、一方は H を透過し M_1 で反射した後、 H で反射し検出器 D に到達する。他方は H で反射した後、 M_2 で反射し、 H を透過して D に到達する。 H と M_1 , H と M_2 の間の距離はそれぞれ ℓ_1 , ℓ_2 ($\ell_1 > \ell_2$) とする。 M_1 で反射して D に達する光と M_2 で反射して D に達する光の経路差は 解答欄(i) である。この配置では、 D では光の強め合いが観測された。この光の強め合いが起こる条件の式は正の整数 m ($m = 1, 2, 3, \dots$) を用いて表すと 解答欄(ii) となる。この状態から、 M_2 を半透明鏡 H に徐々に近づけていくと、弱め合い、強め合いが観測され、距離 s だけ近づけた位置では 5 回目の光の強め合いが観測された。このとき、 $s =$ 解答欄(iii) である。ここで、 $\lambda = 5.2 \times 10^{-7} \text{ m}$ とすると s は 解答欄(iv) m である。

次に、 $\ell_1 = \ell_2 = \ell$ となる位置に M_1 と M_2 を配置し、 M_1 と H の間に屈折率 n ($n > 1$)、厚さ d の薄膜を挿入した。このとき、 D に達する 2 つの光の光路差は 解答欄(v) となる。また、 D では光の弱め合いが観測された。この 2 つの光の弱め合う条件の式は正の整数 m を用いて表すと 解答欄(vi) となる。この状態から、光源 S より発せられる光の波長を λ から徐々に大きくしていくと、干渉光の強め合いが観測された後、波長 λ' になったところで再び光の弱め合いが観測された。波長が変わっても屈折率は変化しないとすると、 λ' は λ , n , d を用いて表すと 解答欄(vii) となる。ここで、 $n = 1.5$, $d = 3.9 \times 10^{-6} \text{ m}$, $\lambda = 5.2 \times 10^{-7} \text{ m}$ とすると λ' は 解答欄(viii) m となる。

