

## <問題訂正>

7ページ [4] [1] (2)

(誤) ……変化量 $\Delta U$ を求めなさい。

(正) ……変化量を求めなさい。

# 物 理 (120 分)

(令和 3 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 ページ目の問題がはじまります。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。



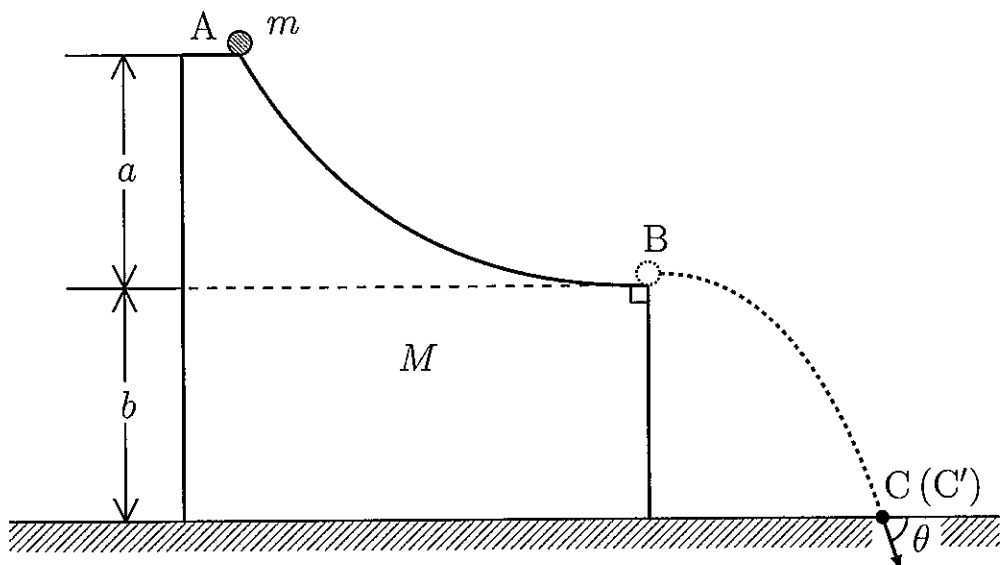


- [1] (配点 50 点) 次の文章の中の  にあてはまる式を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし、 (vi) については、答えに至るまでの説明も書きなさい。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

図のように、質量  $M$  の台を水平な床に置いた。

はじめ、台が床に固定されている場合を考える。質量  $m$  の小さな物体が台の最高点 A から曲線状のなめらかな斜面に沿って静かに運動を始め、斜面の末端の点 B から水平に台から飛び出し、空中を運動した後、床上の点 C に衝突した。点 A と点 B の高低差は  $a$ 、点 B と床の高低差は  $b$  である。点 B での物体の速さは  (i) である。物体が点 B から飛び出してから、点 C で床に衝突するまで  (ii) の時間がかかった。また、点 B と点 C の間の水平距離は  (iii) である。床に衝突する直前の物体の速さは  (iv) であり、衝突する直前の物体の速度の方向と床がなす角度を  $\theta$  としたときの  $\tan \theta$  は  (v) である。

次に、台が床に固定されていない場合を考える。台と床の間の摩擦は無視できるとする。台が床に固定されている場合と同様に、物体が台の最高点 A から静かに斜面に沿って運動を始め、斜面の末端の点 B から水平に台から飛び出し、空中を運動した後、床上の点 C' に衝突した。点 B での床に対する物体の速さは  (vi) である。また、床に対する台の速さは  (vii) である。物体が床に衝突した瞬間での点 B と点 C' の間の水平距離は  (viii) である。





[2] (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(e)) については、{ } の中のいずれか一つを選んで記入しなさい。重力加速度を  $g$  とする。

図 1 のように、中心軸のまわりを自由に回転できる平らな回転台が、水平な床の上に置かれている。この回転台の上に質量  $m$  の小さな物体が置かれている。ばね定数  $k$ 、自然長  $l_0$  のばねで中心軸上の点  $O$  と物体をつないだ。ばねと物体は点  $O$  のまわりを自由に回転できるとする。また、ばねの質量およびばねと回転台の間の摩擦は無視できるものとする。

物体と回転台の間に摩擦がない場合を考える。一定の角速度  $\omega_0$  で物体を点  $O$  のまわりに回転させたときのばねの長さは  (解答欄(a)) である。

以下では、物体と回転台の間の静止摩擦係数が  $\mu$  である場合を考える。

はじめ、回転台を静止させて点  $O$  から距離  $l$  の位置に物体を置いたところ、物体はその位置で静止した。このとき、 $l$  は  $l_1$  以上  $l_2$  以下であると考えられ、 $l_1 =$   (解答欄(b))、 $l_2 =$   (解答欄(c)) である。

次に、物体を点  $O$  からの距離  $l_2$  の位置に置いて回転台を静かに回転させ始めた。角速度を徐々に大きくしていったところ、角速度が  $\omega$  を超えたところで物体が回転台の上をすべり出した。すべり出す直前の物体にはたらく摩擦力の大きさは  (解答欄(d))、向きは回転台の  (解答欄(e)) { 中心向き, 中心から外向き } である。 $\omega$  を  $l_2$  を用いずにあらわすと  (解答欄(f)) と書ける。また、点  $O$  から距離  $l_1$  の位置に物体を置いて回転台を静かに回転させ始め、角速度を徐々に大きくしていったところ、角速度が  (解答欄(g)) を超えたところで物体が回転台の上をすべり出した。

回転台の回転を止め、図 2 のように点  $O$  と物体を通る線が最大傾斜方向に一致する (回転台が床と接する点と点  $O$  を含む鉛直面内に物体がある) ように、回転台を水平な床の上に立てる場合を考える。物体を点  $O$  から距離  $l_2$  の位置に置いて回転台をゆっくり立てたとき、床とのなす角が  $\theta$  を超えたところで物体は動き出した。このとき、 $\mu$  は  (解答欄(h)) と書ける。

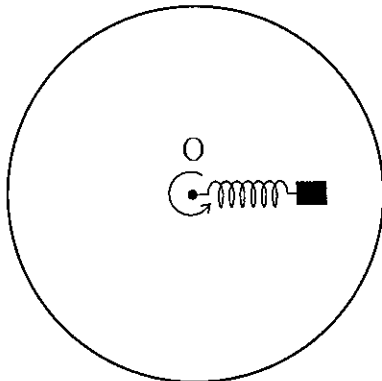


図 1

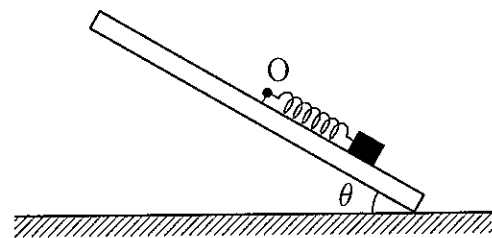


図 2



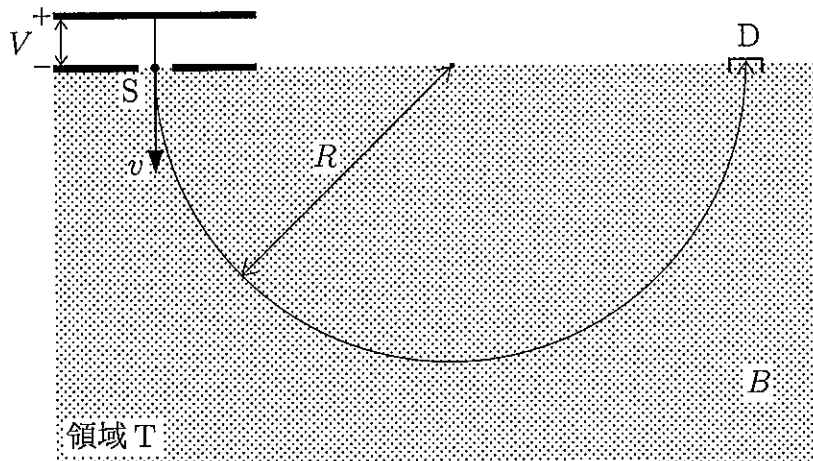


[3] (配点 50 点) 次の文章の中の  にあてはまる式または数値を解答用紙の該当する欄に記入しなさい。ただし、 については、{ } の中のいずれか一つを選んで記入しなさい。また、 は答えに至るまでの説明も書きなさい。重力は無視できるものとする。

真空中で、質量  $m$ 、正の電気量  $q$  の静止していた荷電粒子が、電圧  $V$  で加速され、図のようにスリット  $S$  を通って、磁束密度の大きさ  $B$  で紙面に垂直な方向の一様な磁場がかけられている領域  $T$  に垂直に入り、半径  $R$  の等速円運動をして検出器  $D$  に到達する。

スリット  $S$  における荷電粒子の運動エネルギーは  であり、荷電粒子の速さ  $v$  は  である。荷電粒子が図のような円軌道を描くためには、磁束密度の向きは紙面に垂直に  { 表から裏, 裏から表 } 向きである必要がある。磁場中の荷電粒子の等速円運動の方程式は、速さ  $v$  を用いて  と書ける。したがって、荷電粒子の円運動の半径  $R$  は、 $v$  を用いずにあらわすと  となる。

$q$ 、 $B$ 、 $R$  を一定とすると、荷電粒子の質量  $m$  は電圧  $V$  の  乗に比例する。ある元素を連続的にイオン化し、同じように領域  $T$  に入れ、電圧  $V$  を変えると、電圧  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  のとき、検出器で荷電粒子による電流が検出された。 $V_2 = 1.04V_1$ 、 $V_3 = 1.08V_1$  であった。比電荷 ( $q/m$ ) が最も大きい同位体 (原子番号が同じで質量数の異なる原子核) の質量数 (陽子と中性子の数の和) を 24 としたとき、他の二つの同位体の質量数は  である。





[4] (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。真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。

[I] 図1のように、面積  $S$ 、間隔  $d$  で  $\pm Q$  の電荷を蓄えた平行板コンデンサーを、真空中に配置する。これらの極板同士が引き合う力は以下のように求めることができる。ここでは左側の極板を固定し、右側の極板に外力を加えて距離  $\Delta d$  だけゆっくりと右側に平行移動させた場合を考える。なお、ここでは重力は無視できるものとする。

- (1) 移動前のコンデンサーの電気容量を求めなさい。
- (2) 移動によって生じるコンデンサーの静電エネルギーの変化量  $\Delta U$  を求めなさい。
- (3) 静電エネルギーの変化と外力がした仕事の関係に注目して、極板同士が引き合う力を求めなさい。

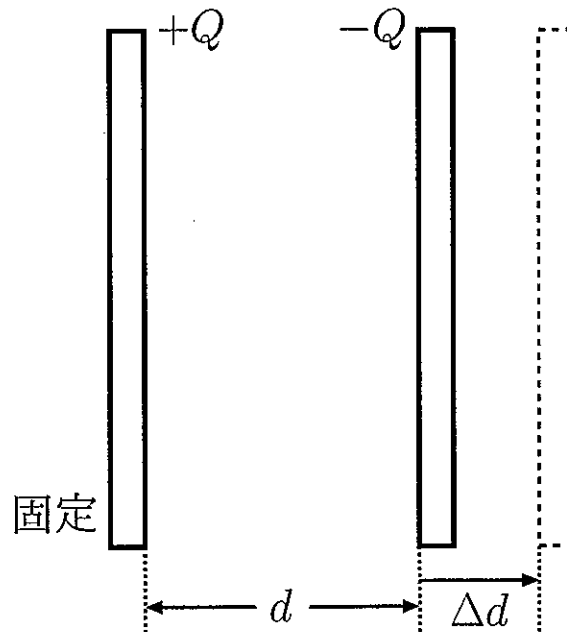


図1

[ II ] 図2のように、片面の面積が  $S$  の3枚の金属板 A, B, C を、それぞれの平面を水平に保って真空中で鉛直に配置した。A を固定し、B を A から距離  $d_1$  だけ下方に、C を B から距離  $d_2$  だけ下方に保持した。A と C を質量が無視できる導線によって接地した。はじめ3枚の金属板は帯電していなかった。重力加速度の大きさを  $g$  とする。

いま、B を正の電気量  $Q$  で帯電させた。

(4) AB 間に蓄えられる電気量を求めなさい。

(5) A と B が引き合う力は、B と C が引き合う力の何倍となるか求めなさい。

B の質量が  $8m$ 、C の質量が  $m$  であるとき、この位置で金属板の引き合う力と重力がつり合い、保持を外しても B と C は静止したままだった。

(6) このとき  $d_2$  は  $d_1$  の何倍であるか求めなさい。なお、答えに至るまでの説明も書きなさい。

(7)  $Q = 9.80 \times 10^{-8} \text{ C}$ 、 $m = 2.00 \text{ g}$ 、 $d_2 = 1.00 \text{ mm}$  として、AB 間の電位差の値を有効数字3桁で単位と共に答えなさい。なお、 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$  としなさい。

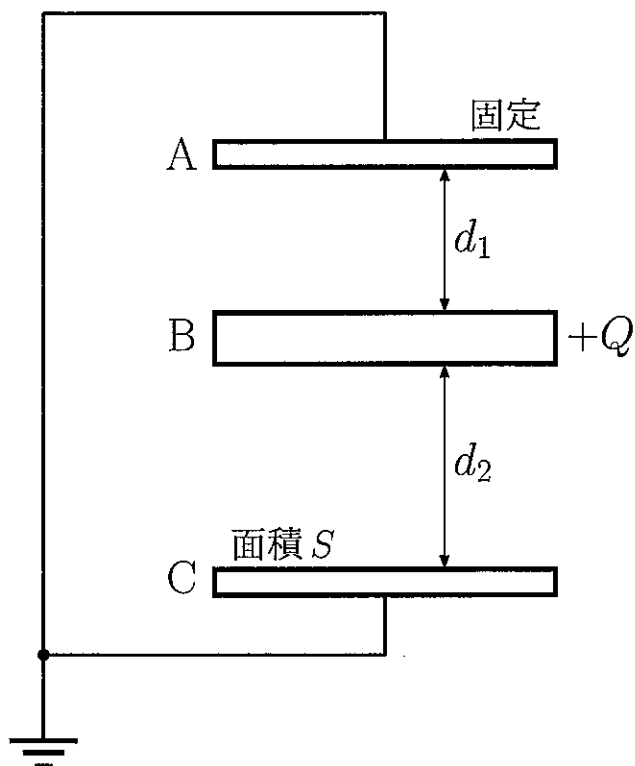


図2

