

(平 22 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～24
地 学	25～30

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

- I 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。文中に与えられた物理量の他に解答に必要な物理量があれば、それを表す記号は全て各自が定義し、解答欄に明示しなさい。(配点 25 点)

図1に示すように、固定された台の上に質量 M のブロックが置かれている。ブロックの鉛直上方高さ R の点 O には、先端に質量 m の小球がついた長さ R の糸が結びつけられている。いま、小球に水平方向の力 F を静かに与えて、糸と鉛直線のなす角度が θ となる点で静止させた。その後 $F=0$ とし、小球を台の上のブロックに衝突させて、ブロックを図中の台および半径 r の半円筒内壁に沿って滑らせることを考える。

小球とブロックの運動は半円筒の軸に垂直な一つの平面内で起こるとする。台および半円筒内壁の表面は滑らかで、水平な部分と曲面の接合部に段差はない。小球とブロックの大きさは無視してよく、衝突は1回のみとする。また、小球は台に接触しない。糸は伸びもたるみもせず、質量が無視できるものとする。

問1 糸と鉛直線のなす角度が θ の位置で小球が静止しているときの、糸の張力と水平方向の力 F を求めなさい。

問2 ブロックに衝突する直前の小球の速さと、そのときの糸の張力を求めなさい。

問3 小球とブロックの衝突が非弾性衝突であるとして、衝突直後のブロックの速さを求めなさい。

問4 ブロックと小球の質量が等しく、かつ弾性衝突するとき、ブロックが半円筒内壁から離れずに滑り上がり、C点に到達するためには、 r 、 R 、 θ の間にどのような関係が必要か。

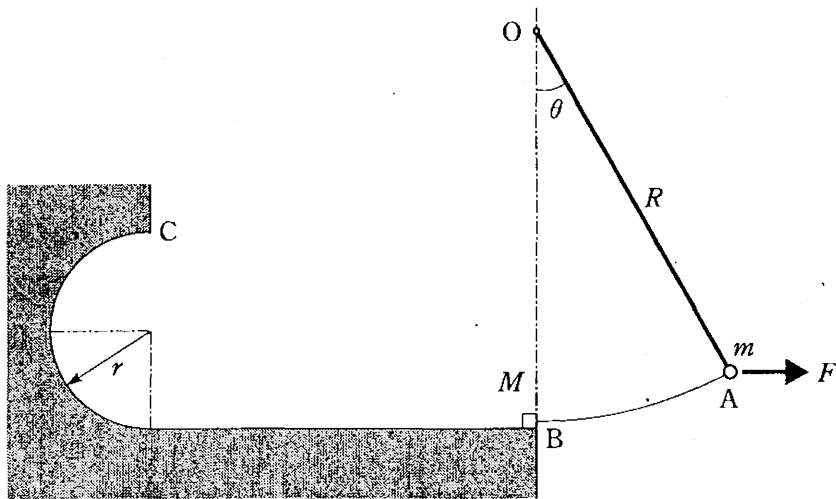


图 1

II 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。

(配点 25 点)

図1のような断熱材でできたシリンダーとピストンからなる容器があり、ピストンの動く方向を x 軸とする。容器には、1分子の質量が m の単原子分子からなる理想気体が封入されており、各分子は他の分子、シリンダーの壁およびピストンと弾性衝突をする。図1に示すように、最初 $x = L$ にあったピストンを、ゆっくりとした一定の速さ u で x 軸の正の方向に短い距離 ΔL だけ動かした。

問1 速度の x 成分が v_x である分子が動いているピストンに衝突したとき、衝突後の分子の速度の x 成分 v_x' を求めなさい。また、この分子がピストンに及ぼす x 方向の力積 I_x を求めなさい。

問2 この分子の衝突前後の運動エネルギーの変化を計算し、 I_x を用いて表しなさい。

問3 ピストンが ΔL の距離を動く間に、気体全体でピストンに対して合計 n 回の分子衝突が起きたとする。分子1個が1回の衝突でピストンに及ぼす力積の平均値を \bar{I}_x とするとき、気体がピストンを押す力を求めなさい。

問4 ピストンを ΔL 動かしたときの理想気体の内部エネルギーの変化 ΔU を \bar{I}_x を用いて表しなさい。また、問3の結果を用いて、 ΔU が、ピストンに加わる圧力を P 、体積の変化を ΔV として、

$$\Delta U = -P\Delta V$$

と表されることを示しなさい。

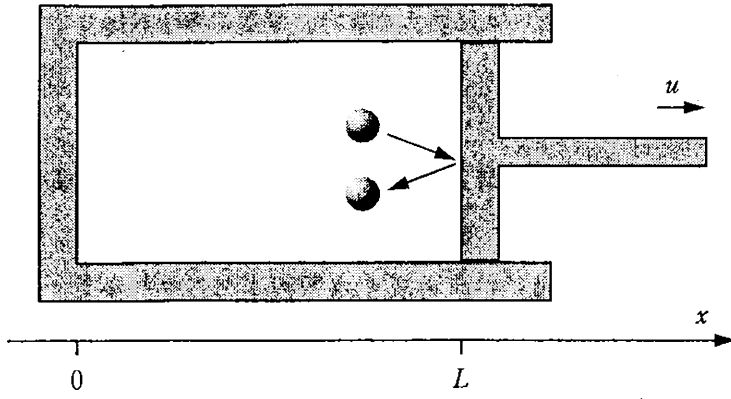


图 1

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。

(配点25点)

図1のように、質量 m 、電荷 $q (q > 0)$ の荷電粒子が一樣な磁場中で運動している。磁場の向きは z 軸の正の方向で、その磁束密度の大きさを B とする。時刻 $t = 0$ において粒子は原点 O にあり、速度は z 軸と 45° の角をなす xz 平面上のベクトルで、その大きさは v であった。

その後、粒子は xy 平面に平行に置かれた2枚の薄い電極板1、2を順に通過した。ここで、電極板2の電位は電極板1より V だけ低く保たれている。

電極板は円形で荷電粒子の運動範囲に比べて十分大きく、粒子がそれぞれの電極板を通過する際速度変化は無視できるとする。また、粒子が運動する空間は真空中で、重力は無視できるとする。

問1 電極板1を通過する以前に、この粒子の位置の z 座標は時間の関数としてどのように表されるか。理由とともに答えなさい。

問2 電極板1を通過する以前の粒子の運動を xy 平面に投影すると、投影点はどのような運動をするか、理由とともに答えなさい。また、時刻 t での粒子の位置の x 座標を式で表しなさい。

問3 原点と電極板との間の距離が十分大きく、この粒子が電極板1を通過する前に再び z 軸上に戻ってくる場合を考える。時刻 $t = 0$ から戻ってくるまでの間の粒子の運動を xz 平面に投影すると、投影点はどのような運動をするかをグラフに表しなさい。グラフには、 x 座標、 z 座標がとりうる値の範囲も記しなさい。

問4 この粒子が電極板2を通過したとき、図1のように粒子の速度ベクトルと z 軸の正の方向との角度が 30° になった。このときの V を求めなさい。

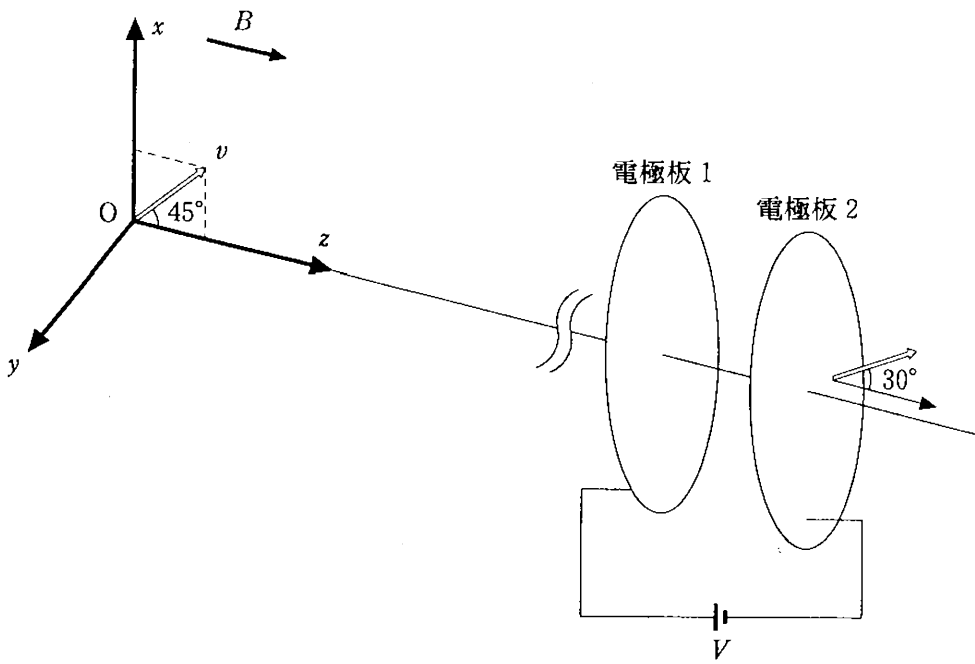


図 1