愛媛大学

2024 年度　前期日程　物理

（2 科目　100 分）

医学部の受験者は，[1]，[4]を解答すること。

1 以下の設問に答えなさい。

問 1　図 1 のように，傾き θ の斜面をもつ三角柱が水平面上に置かれ，動かないようにストッパーで固定されている。壁には，ばね定数 k のばねが固定され，ばねの他端に付けられた質量 M_1 の板は，ばねが自然の長さとなるように水平面上の点 C に置かれている。水平面から高さ h の斜面上の点 A に質量 m の物体を置き，静かに放したところ，物体は斜面を滑り下り，三角柱下端の点 B で斜面から水平面になめらかに移動した。その後，物体は板に完全非弾性衝突し，物体と板は一体となってばねを押し縮めた。斜面と水平面のいずれにも摩擦はなく，物体と板の大きさ，ばねの質量，空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさは g とする。解答に使用できる記号は m，M_1，h，k，θ，g とする。

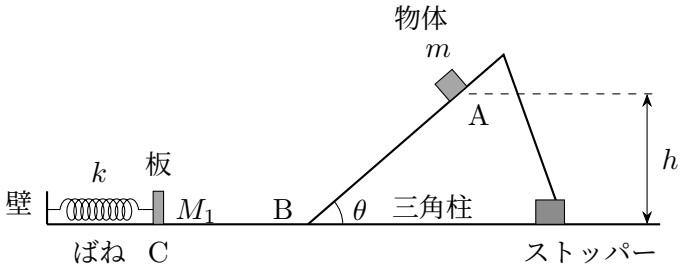

図 1

(1)　物体がはじめて点 B に達したときの物体の速さを求めなさい。

(2)　物体が板に衝突した直後の物体の速さを求めなさい。

(3)　物体と板の衝突により失われる力学的エネルギーを求めなさい。

(4)　ばねの縮みの最大値を求めなさい。

問 2　図 1 の状態から，ストッパー，ばね，板を取り除き，図 2 のように，傾き θ の斜面をもつ質量 M_2 の三角柱が水平面上で摩擦なく動くことができるようにした。三角柱が静止した状態で，水平面から高さ h の斜面上の点 A に質量 m の物体を置いて静かに放したところ，物体は斜面を滑り下り，同時に，三角柱も加速度 a で右向きに動き出した。その後，斜面を滑り下りた物体は，三角柱下端の点 B で斜面から水平面になめらかに移動した。斜面と水平面のいずれにも摩擦はなく，物体の大きさ，空気抵抗は無視できるものとする。重力加速度の大きさは g とする。解答に使用できる記号は m，M_2，h，θ，a，g とする。

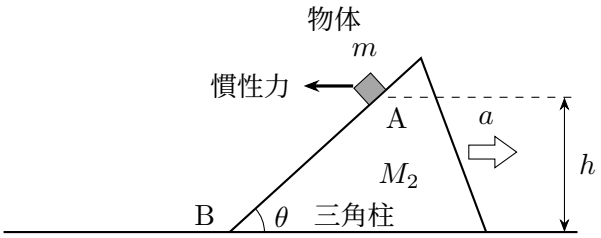

図 2

(5)　移動する三角柱上から観測すると，物体には左向きに慣性力が働くようにみえる。このとき，物体が斜面から受ける垂直抗力と，三角柱が水平面から受ける垂直抗力を，それぞれ三角柱の加速度 a を用いて表しなさい。

(6)　物体が水平面に達したときの，水平面に対する物体の速さと，水平面に対する三角柱の速さをそれぞれ求めなさい。

4 気体定数を R として，単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\dfrac{3}{2}R$ で与えられる。閉じ込められた単原子分子理想気体の圧力を P，体積を V としたとき，断熱変化において

$$PV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$$

の関係が成り立つものとする。以下の設問に答えなさい。

問 1　図 1 に示すように，断熱材でできた長さ $2L$ のシリンダーがある。内部は断熱材でできた断面積 S のピストンで仕切られている。ピストンは厚さが無視でき，シリンダー内を滑らかに移動することができる。ピストンの左側を A，右側を B とする。B 側には自然長 L，ばね定数 k のばねがあり，一方の端がピストンに，もう一方の端がシリンダーの右端の壁に取り付けられている。B 側には体積が無視できる小さな管をつなぎ，管には開閉可能なコック C が取り付けられている。

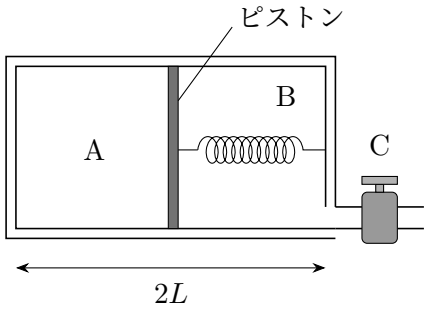

図 1

(i)　A には物質量 n の単原子分子理想気体が入っている。ばねの長さが L となるよう B に気体を入れた。このとき，A と B の圧力は P_0 であった。この状態を初期状態としてコック C を閉じた。

(1)　初期状態における A 内の気体の温度を求めなさい。

(ii)　初期状態からコック C を開き，管を通じて B の気体をゆっくりと抜いていく。B の圧力がゆっくりと下がり，ピストンが右に移動することで，ばねの長さが $L - x$ となった。

(2)　A 内の圧力 P_{A} と B 内の圧力 P_{B} の関係を記しなさい。

(3)　A 内の圧力 P_{A} を求めなさい。

(4)　$x = \dfrac{L}{2}$ のとき，A 内の気体の温度を求めなさい。

問 2　滑らかに動くピストンのついたシリンダー内に単原子分子理想気体を閉じ込める。シリンダー内にある熱交換器を通して，中の気体を加熱または冷却できるものとし，図 2 のように，圧力が P_0 で体積が V_0 の状態 A から状態 B，状態 C を経て再び状態 A に戻るように，連続的にゆっくりと変化させた。ただし，すべての区間は直線に沿っての変化である。ピストンとシリンダーは断熱材でできており，熱交換器の体積と熱容量は無視できるものとする。

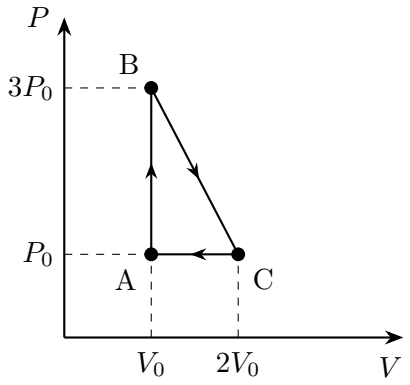

図 2

(5)　状態 A，B，C における気体の内部エネルギー U_{A}，U_{B}，U_{C} をそれぞれ求めなさい。

(6)　状態変化 A → B → C → A において気体が外部にする仕事 W を求めなさい。

(7)　状態変化 B → C における気体の圧力 P を体積 V の関数 $P(V)$ として表しなさい。

(8)　状態変化 B → C における気体の内部エネルギー U を体積 V の関数 $U(V)$ として表しなさい。

(9)　状態変化 A → B → C → A における気体の内部エネルギーの最大値 $U_{\max}$ を求めなさい。