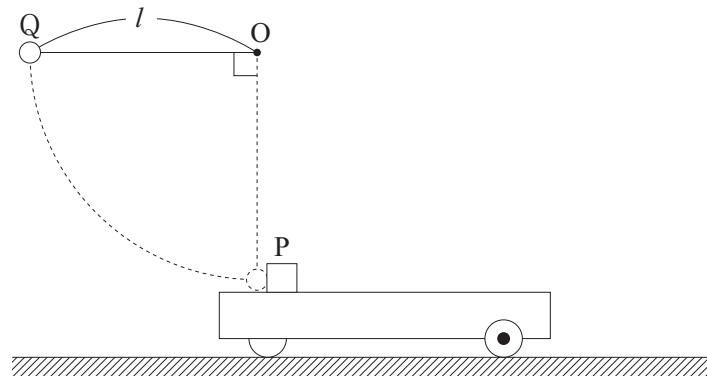


【1】 質量 m [kg] の小物体 P を、なめらかな水平面上に静止している質量 M [kg] ($m < M$) の台車の上に載せる。台車の上面は水平であらう、小物体 P との間の動摩擦係数は μ である。さらに図に示すように、固定された点 O から質量 m [kg] の小球 Q を長さ l [m] の糸でつるし、糸がたるまないように点 O と同じ高さまで持ち上げてから静かにはなし、点 O の真下で小物体 P と正面衝突させる。小物体 P と小球 Q との間の反発係数（はねかえり係数）を e 、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、糸の質量や空気の抵抗は無視できるものとする。以下の各問いに答えよ。



- (1) 小物体 P に衝突する直前の小球 Q の速さ [m/s] を求めよ。
- (2) 衝突直後の小物体 P の速さ V_0 [m/s] を求めよ。ただし、P が台車上をすべり始めるまでの静止摩擦力は考えなくてよい。

最初に、台車を水平面上に固定した状態で小球 Q を小物体 P に衝突させたところ、P は衝突後台車上をすべり始め、やがて停止した。ただし、台車は十分長くて小物体 P が台車から落ちることはないものとする。なお、これ以後の間については(2)の V_0 [m/s] を用いて答えよ。

- (3) 小物体 P が移動した距離 L_0 [m] を求めよ。

(次のページに続く)

次に、台車を水平面上で自由に動けるようにして同様の実験を行ったところ、静止していた台車も衝突後動き始め、やがて台車と小物体 P は一体となって運動した。ただし、台車と水平面との間の摩擦は無視できるものとする。

- (4) 小物体 P と台車が一体となって動いているときの速さ V [m/s] を求めよ。
- (5) 小物体 P と小球 Q が衝突してから P と台車が一体となって動き始めるまでの時間 T [s] を求めよ。
- (6) (5)の時間 T [s] の間に、小物体 P が台車に対してすべった距離 L [m] を V_0 , T を用いて表せ。また、 $\frac{L}{L_0}$ を m , M を用いて表せ。

【2】 図 1 のように、なめらかに動くピストンを持つ断熱容器が水平な台上に置かれている。容器内には 1 mol の単原子分子理想気体が封入されており、容器の底には、容器内の気体を自由に加熱できるヒーターが備え付けられている。ピストンも断熱材で作られており、その質量は m [kg] である。また、断熱容器の内面の底面積は S [m²]、ピストンを除いたヒーターを含む断熱容器全体の質量は M [kg] である。重力加速度の大きさを g [m/s²]、気体定数を R [J/(mol·K)]、大気圧を p_0 [Pa] として以下の各問いに答えよ。ただし、ピストン、ヒーター、断熱容器のそれぞれの熱容量、容器内の気体の質量は全て無視できるものとする。

はじめ、容器内の気体は熱平衡状態にあり、図 1 のようにピストンは静止している。このとき、ピストンと断熱容器内の底面との間の距離は h [m] であった。以下の各問いに答えよ。

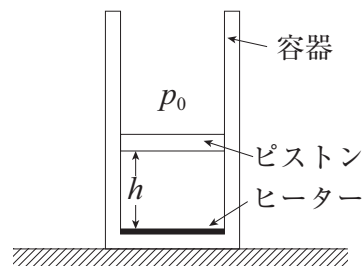


図 1

- (1) 容器内の気体の圧力 p_1 [Pa] を m , S , g , p_0 を用いて求めよ。
- (2) 容器内の気体の温度 T_1 [K] を m , S , g , R , p_0 , h を用いて求めよ。

(次のページに続く)

次に、質量が無視できる糸をピストンの中央につけ、鉛直上方に静かに引き上げたところ、ピストンが断熱容器内の底面より $2h$ [m] の距離になったときに、断熱容器が水平面から離れ始めた。さらに、この状態から図 2 のように容器の底面と水平面との距離が h [m] になる位置までゆっくりと引き上げ、糸の上端を固定した。

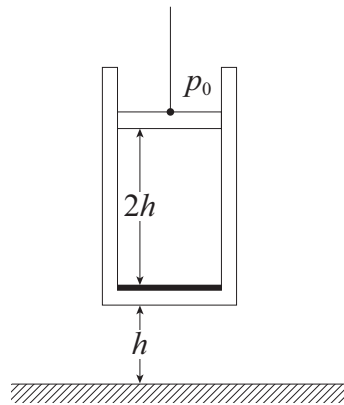


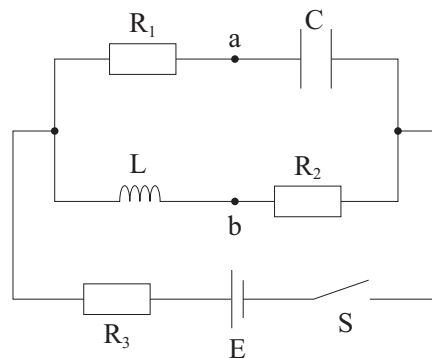
図 2

- (3) 容器内の気体の圧力 p_2 [Pa] を S , M , g , p_0 を用いて求めよ。
- (4) 容器内の気体の内部エネルギー U_2 [J] を, p_1 , p_2 , S , h の中から必要な文字を用いて表せ。

そして、糸の上端を固定したまま容器内の気体をヒーターで十分にゆっくり加熱したところ、ピストンの高さは変わらず、容器のみが下降し、容器の底面が水平面と接触した。その後、糸の張力の大きさは徐々に小さくなり、やがてゼロになった。これと同時にヒーターの加熱を止めた。

- (5) 容器内の気体の内部エネルギー U_3 [J] を, p_1 , p_2 , S , h の中から必要な文字を用いて表せ。
- (6) ヒーターで加熱をしてから、加熱を止めるまでの間、容器内の気体がヒーターから得た熱量 Q [J] を, p_1 , p_2 , S , h の中から必要な文字を用いて表せ。

【3】 図のように，起電力 E [V] の直流電源 E ，抵抗値がそれぞれ R [Ω]， $2R$ [Ω]， $2R$ [Ω] の抵抗 R_1 ， R_2 ， R_3 ，電気容量 C [F] のコンデンサー C ，自己インダクタンス L [H] のコイル L ，スイッチ S からなる回路がある．はじめスイッチ S は開いており，閉回路の点 a ， b には電流は流れておらず，抵抗以外の電気抵抗はすべて無視できるものとする．以下で「十分長い時間が経過した」とは，回路に流れる電流が一定になった状態のことを言う．次の(1)～(3)の各問いは， E ， R ， C ， L の中から必要な文字を用いて答えよ．



- (1) スイッチ S を閉じた直後，図の a を流れる電流を求めよ．
- (2) スイッチ S を閉じて十分長い時間が経過した後，抵抗 R_2 で消費される電力を求めよ．
- (3) (2)のとき，コンデンサー C に蓄えられる静電エネルギーを求めよ．

次に，スイッチ S を閉じて十分時間が経過する過程において，図の a ， b 間の電位差が 0 [V] になったある時点を考える．このとき，コンデンサー C に蓄えられる電気量が q [C] であったとする．

次の(4)，(5)の各問いは， E ， R ， C ， L ， q の中から必要な文字を用いて答えよ．

- (4) このとき，図の b を流れる電流を求めよ．
- (5) このとき，図の a を流れる電流を求めよ．

(次のページに続く)

そして、スイッチ S を閉じて十分長い時間が経過した後、スイッチ S を開いたものとする。次の(6)の問いは、 E , R , C , L , q の中から必要な文字を用いて答えよ。

- (6) スイッチ S を開いた直後から十分長い時間が経過するまでの間に、抵抗 R_1 で発生するジュール熱を求めよ。