物　理（前期）

I　密度ρの液体が入った大きな容器に、一辺の長さがLの立方体が浮かんでいる。液面から立方体の上面までの高さは $\frac{L}{3}$ である。この立方体に上面から力を加えると、立方体は傾くことなく鉛直方向のみに運動した。運動に伴う液体の抵抗と液面の変化は無視できるものとし、重力加速度の大きさをgとして以下の問に答えよ。

(1) 立方体の密度を求めよ。

(2) 立方体を上面が沈まない程度に押し下げた後、手を放すと、立方体は上下に振動した。この振動の周期を求めよ。

(3) 立方体の底面が液面と接するまで持ち上げた後、手を放すと、立方体は沈み始めた。手を放してから立方体の上面が液面と一致するまでの時間を求めよ。また、立方体の上面が液面と一致したときの立方体の速さを求めよ。

(4) (3)の状態から、立方体はさらに沈んだ。立方体の上面が液面と一致してから立方体が最も深く沈むまでの時間を求めよ。また、最も深く沈んだ時の立方体の上面から液面までの距離を求めよ。

物　理（前期）

Ⅱ　断面積 S［m^2］のシリンダーに、1 mol の単原子理想気体を入れ、質量 M［kg］のなめらかに動くピストンで気体をシリンダー内部に封じたのち、水平な床に鉛直に置いた。シリンダー内部には、気体を加熱するための小さなヒーターが入っており、ピストンとシリンダーはいずれも断熱材でできている。ピストンの上部に軽くて丈夫な糸の一端を取り付け、天井に固定したなめらかに回る滑車を介して、この糸の他端を軽い皿に結びつけた。ピストンに取り付けてある糸は滑車から鉛直に垂れている。

最初、図１のようにピストンの底面は床から h [m] の高さ、皿の底面は床から $\frac{h}{4}$ の高さで静止していた。外気の圧力は p_0 [Pa]、重力加速度の大きさを g [m/s^2]、気体定数を R［J/(mol・K)］、定積モル比熱を $\frac{3}{2}R$ とし、①〜⑦に適当な数値（分数のままでよい）、または式を入れよ。ただし、単原子理想気体の断熱変化では圧力 p [Pa] と体積 V [m^3]との間に $pV^{\frac{5}{3}} =$ 一定 の関係が成り立つ。なお、$9^{\frac{2}{3}}$ は $\frac{13}{3}$ とせよ。

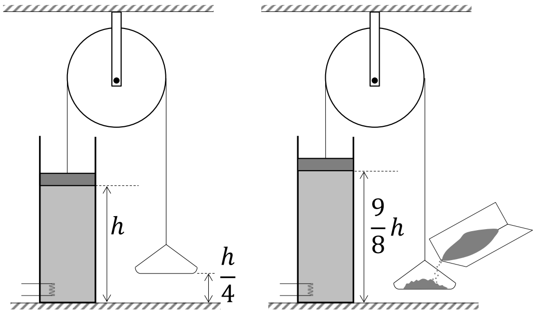


図１　図２

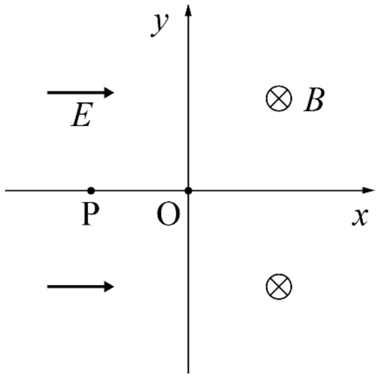
(1) 最初の状態の気体の圧力と温度をそれぞれ p_1［Pa］、T_1［K］とすると、p_1 は（　①　）、T_1 は（　②　）と表される。

(2) 皿の上に細かい砂を少しずつ載せていき、ピストンの底面が床から $\frac{9}{8}h$ となったところで止めた（図２）。このときの気体の温度 T_2［K］は（　③　）$\times T_1$、圧力は p_2［Pa］であった。

(3) 続いて気体をゆっくり加熱すると、皿の底面が床についた。このとき気体の温度は（　④　）$\times T_2$ である。気体が加熱されている間に、気体が外部にした仕事［J］は（　⑤　）$\times p_2$ であり、気体が受け取った熱量［J］は（　⑥　）$\times p_2$ である。

(4) さらに気体をゆっくり加熱し続けるとやがて糸がたるみ始めた。皿の底面が床についてから糸がたるみ始めるまでの間に気体が受け取った熱量［J］は（　⑦　）$\times T_1$ である。

物　理（前期）



Ⅲ　図のように、$x > 0$ の領域には、紙面に垂直に表から裏に向かう磁束密度 B［T］の一様な磁場がある。$x < 0$ の領域には、x 軸に平行で正の向きに強さ E [N/C] の一様な電場がある。原点Oには、正電荷 q［C］を持つ、質量 m [kg] の微小粒子Qが静止している。摩擦や重力の影響はないものとして、①〜⑧に適当な式を入れよ。⑨は、｛　　｝の中から適当な語句を選べ。

Qを、点Oから x 軸上の負の領域にある点Pまで移動させたあと、そっと放すとQは動き出し、やがて y 軸を速さ v [m/s] で横切った。点Pの x 座標は（　①　）[m]であり、その電位は原点を基準として（　②　）［V］である。Qは y 軸を横切ったあと、しばらくすると y 軸上のある点を異なる向きで通過した。その点の y 座標は（　③　）[m]である。

そのあと（　④　）秒経つと、Qは再び y 軸を横切った。その時刻をゼロとし、Qの速度の x 成分が一定になるように $x > 0$ の領域に x 軸に平行で一様な電場 [N/C] を、その電場の強さを変化させながら加えた。t 秒後、Qの位置は $(X\,[\mathrm{m}],\ Y\,[\mathrm{m}])$ にあった。それらを t の関数として表すと、$X =$（　⑤　）、$Y =$（　③　）+（　⑥　）となる。よって、Y を X の関数として $Y =$（　③　）+（　⑦　）$\times X^2$ と表すことができ、Qの経路は2次曲線を描くことがわかる。また、$x > 0$ の領域に加えた電場の強さは、t の関数として（　⑧　）と表せ、向きは x 軸の（⑨｛正 、負｝）方向である。

Ⅳ　以下の問に答えよ。

⑴　発電所から遠く離れた街に送電線で電気が送られている。１軒の家が電気を使用すると、送電線で x %の電力損失が生じた。n 軒の家が同時に電気を使用したとき、送電線での電力損失は何%になるか求めよ。なお、１軒あたりの使用電力はすべて同じとする。

⑵　あなたの前方に電柱Ａが見えている。電柱Ａとあなたの間にある焦点距離 20 m の凸面のミラーには、あなたのすぐ横にある電柱Ｂが映っている。電柱 B の像は、電柱 A と同じ距離にあるように見えており、電柱Ｂの像の太さは電柱Ａの太さより 20％ 細く見えた。あなたからミラーまでの距離 [m]を求めよ。なお、像のゆがみは無視でき、電柱Ａと B は同じ形状であるとする。

⑶　緑色の可視光線を波動と考えると、その波長は 5.0×10^{-7}m で、振動数は （　①　）Hz である。一方、光子（粒子）と考えると、そのエネルギーは（　②　）eV である。①、②を求めよ。なお、真空中の光速は 3.0×10^{8} m/s、プランク定数は 6.6×10^{-34} J･s、電気素量は 1.6×10^{-19} C とする。