

1 ［2017 北海道大］

図1のように，鉛直方向になめらかに動く質量 m〔kg〕のピストンを挿入した断面積 S〔m^2〕，長さ L〔m〕のシリンダーがあり，ピストンにより仕切られた下方の空間（空間A）に1 molの理想気体が封入されている。上方の空間（空間B）は真空である。シリンダーは断熱材でできており，空間Aには加熱用のヒーターが備えつけてある。また，ピストンの位置 l〔m〕をシリンダー底部からの高さとし，ピストンの厚さとヒーターの大きさ，およびそれらの熱容量はないものとする。この理想気体の定積モル比熱を C_V〔J/(mol･K)〕，定圧モル比熱を C_p〔J/(mol･K)〕とし，気体定数を R〔J/(mol･K)〕，重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。次の文中の［ ア ］～［ シ ］に適切な数式あるいは数値を入れよ。

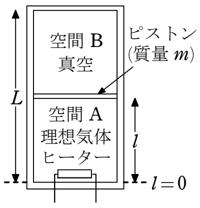
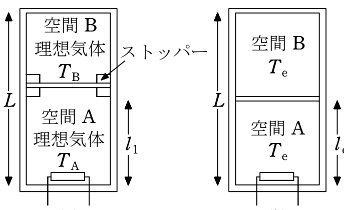


図1

(1) 初めに，ピストンは l_0〔m〕の高さで静止していた。このときの気体の圧力は［ ア ］〔Pa〕，温度は［ イ ］〔K〕である。そこからヒーターで気体に熱を加えてピストンをゆっくりと動かしたところ，$4l_0\ (<L)$ の高さで再び静止した。この過程で気体がした仕事は［ ウ ］〔J〕であり，内部エネルギーの変化は C_V を用いて［ エ ］〔J〕と表される。よって，この変化で気体がヒーターから吸収した熱量 ΔQ〔J〕は，熱力学第一法則から［ オ ］〔J〕となる。一方，ΔQ は C_p を用いて［ カ ］〔J〕と表すこともできる。したがって，C_V と C_p の間に［ キ ］という関係式が成りたつ。

(2) 前述の状態での温度を T_A〔K〕，ピストンの高さを $l_1\ (=4l_0)$〔m〕とする。以下ではこの T_A と l_1 を用いてよい。

次に，図2(a)のように，この状態のままピストンを体積が無視できる断熱材でできたストッパーで固定したのち，空間Bに温度 T_B〔K〕の同種の理想気体を1 mol 流入させた。気体の封入後にピストンのストッパーを外すと，ピストンは高さ l_1 から動きだした。しばらくすると，シリンダー内の2つの気体の温度はピストンを介した熱のやりとりにより温度 T_e〔K〕で等しくなり，図2(b)のようにピストンは新たなつりあい位置 l_e〔m〕で静止した。以下ではこの T_e と l_e を導出する。



(a) (b)

図2

この過程において2つの気体がした仕事の総和は［ ク ］〔J〕であり，2つの気体の内部エネルギー変化の総和は C_V を用いて［ ケ ］〔J〕と書ける。よって，熱力学第一法則から T_e は l_e を用いて［ コ ］〔K〕と表すことができる。一方，高さ l_e，温度 T_e ではピストンにはたらく力がつりあっているので，つりあいの式は T_e と l_e を用いて［ サ ］$=0$ と表される。この2つの式から，T_e と l_e は l_1，T_A，T_B を用いて表すことができる。空間A，B内の気体の C_V を $\frac{3}{2}R$ とし，$l_1=\frac{2}{3}L$，$T_B=\frac{4}{3}T_A$ とするとき，T_A と l_1 の関係を考慮すると，l_e は T_A を用いずに表すことができ，［ シ ］$\times L$〔m〕となる。

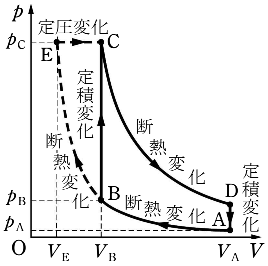
2 ［2016 大阪大］

単原子分子理想気体をある状態からさまざまな状態を経てもとの状態にもどした結果，気体が外部に仕事をする熱機関について考えよう。ここでは，気体を閉じこめる容器の強度に制限があるために，気体の圧力の最大値が決まっているとする。この制限の下で設計された2つの熱機関 a と b について，性能の指標となる熱効率を求め，その大小を比較したい。

以下の文中で，「気体が外部から熱量(熱) Q を吸収する」というとき，Q は符号を含めて定義されている。つまり，$Q>0$ ならば気体は外部から熱量 Q を吸収し，$Q<0$ であれば気体は外部へ熱量 $|Q|$ を放出するという意味である。同様に，「気体が外部にする仕事が W である」というときも，W は符号を含めて定義されており，$W>0$ ならば気体が外部にする仕事が W，$W<0$ ならば気体が外部からされる仕事が $|W|$ という意味である。

また，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 $pV^{\frac{5}{3}}$ の値が一定に保たれることを用いてよい。

［A］ 圧力 p と体積 V で指定される気体の状態を，図において A → B → C → D → A と1周させる熱機関 a を考えよう。A → B では気体は断熱圧縮され，B → C では体積を一定に保ったまま外部と熱をやりとりして加圧され，C → D では断熱膨張し，D → A では体積を一定に保ったまま外部と熱をやりとりして減圧する。



(1) 状態A，B，C，Dのうち，気体の温度が最も低い状態および温度が最も高い状態をそれぞれ示せ。

(2) B → C において，気体が外部から吸収する熱量を Q_1，D → A において，気体が外部から吸収する熱量を Q_2 とする。Q_1 を状態Bの圧力 p_B，状態Cの圧力 p_C および両状態共通の体積 V_B を用いて表せ。また，Q_2 を状態Aの圧力 p_A，状態Dの圧力 p_D および両状態共通の体積 V_A を用いて表せ。

(3) 気体の状態を A → B → C → D → A と1周させたときに気体が外部にする仕事 W_a を Q_1，Q_2 を用いて表せ。

(4) 体積の圧縮比を $r_a=\frac{V_A}{V_B}$ と定める。このとき，p_A を p_B と r_a を用いて，p_D を p_C と r_a を用いてそれぞれ表せ。

(5) Q_1 と Q_2 は一方が正となる。それを Q_a とすると，気体の状態を A → B → C → D → A と1周させる熱機関の熱効率は $e_a=\frac{W_a}{Q_a}$ と定義される。熱効率の1からのずれ $\Delta e_a=1-e_a$ を，圧縮比 r_a を用いて表せ。

［B］ 今度は，図において，気体の状態を A → E → C → D → A と1周させる熱機関 b について考える。状態Eは，状態Cと同じ圧力をもち，なおかつ A → B の断熱変化を表す曲線の延長上にある状態に選ばれている。A → E では気体は断熱圧縮され，E → C では気体の圧力を一定に保ったまま外部と熱をやりとりして膨張し，C → D では断熱膨張し，D → A では体積を一定に保ったまま外部と熱をやりとりして減圧する。

(6) E → C において，気体が外部から吸収する熱量を Q_3 とする。Q_3 を，状態EとCの共通の圧力 p_C，状態Eの体積 V_E および状態Cの体積 V_B を用いて表せ。

(7) Q_2 と Q_3 は一方が正となる。それを Q_b とする。さらに，気体の状態を A → E → C → D → A と1周させたときに気体が外部にする仕事を W_b とすると，この熱機関の熱効率は $e_b=\frac{W_b}{Q_b}$ と定義される。熱効率の1からのずれ $\Delta e_b=1-e_b$ を，圧縮比 $r_b=\frac{V_A}{V_E}$ および定圧膨張比 $s=\frac{V_B}{V_E}$ を用いて表せ。

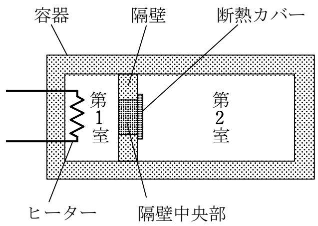
［C］ 熱機関 a の熱効率 e_a と熱機関 b の熱効率 e_b を比較しよう。

(8) 図において，気体の状態を B → E → C → B と1周させたとき，気体が外部にする仕事 W_c を Q_1 と Q_3 を用いて表せ。

(9) W_c の正負を判定したとき，① $W_c>0$，② $W_c=0$，③ $W_c<0$ のいずれになるか，記号を選べ。また，2つの熱機関の熱効率 e_a と e_b の大小関係が，① $e_a>e_b$，② $e_a=e_b$，③ $e_a<e_b$ のいずれになるか，記号を選べ。

3 ［2015 九州大］

図のように，断熱材でできた密閉された容器が隔壁により第1室と第2室に仕切られている。隔壁は各室の気密性を保ちながら容器内を摩擦なくなめらかに動く。また，隔壁を固定することも可能である。隔壁の中央部は熱を通す素材で，それ以外の部分は断熱材でできている。さらに，中央部は開閉可能な断熱カバーでおおわれており，このカバーの開閉により両室間の熱の移動を制御できる。すなわち，断熱カバーが閉じていれば，両室の間に熱の移動は無く，断熱カバーが開いていれば，両室の間でゆるやかな熱の移動が可能である。隔壁中央部の熱容量はないものとする。第1室内にはヒーターが設置されており，第1室の気体を加熱することができる。



第1室と第2室に，気体定数を R として定積モル比熱が $\frac{3}{2}R$ である同種の単原子分子理想気体を封入し，次に述べるような状態変化を行った。なお，問題中の温度はすべて絶対温度で与えられている。

初めの状態Aでは，隔壁は静止しており，断熱カバーは閉じている。このとき，第1室の気体の体積，温度，圧力はそれぞれ V_A，T_A，p_A であり，第2室の気体の体積，温度，圧力はそれぞれ $3V_A$，T_A，p_A であった。

(1) 第1室の気体の物質量(モルを単位として表した物質の量)を，V_A，T_A，p_A，R の中から必要なものを用いて表せ。

状態Aから，隔壁を固定し断熱カバーを閉じたままヒーターによりゆっくり第1室の気体を加熱したところ，第1室の気体の温度が $2T_A$ となった。この状態を状態Bとする。

(2) 状態Aから状態Bへの変化の間にヒーターが第1室の気体に加えた熱量を，V_A，T_A，p_A，R の中から必要なものを用いて表せ。

次に，状態Bから隔壁を固定したまま断熱カバーを開け，しばらく待ったところ，熱平衡に達した。この状態を状態Cとする。

(3) 状態Cにおける第1室，第2室の気体の温度を，V_A，T_A，p_A，R の中から必要なものを用いて表せ。

(4) 状態Bから状態Cへの変化の間に第1室から第2室に移動した熱量を，V_A，T_A，p_A，R の中から必要なものを用いて表せ。

(5) 状態Cにおける第1室の気体の圧力，第2室の気体の圧力を，それぞれ V_A，T_A，p_A，R の中から必要なものを用いて表せ。

再び状態Aから考える。以後，隔壁は自由に動けるとし，断熱カバーは閉じている。ヒーターによりゆっくり第1室の気体を加熱し，総量 $3p_AV_A$ の熱を加えた状態を状態Dとする。

(6) 状態Aから状態Dへの変化の間に生じた第1室，第2室の気体の内部エネルギーの変化をそれぞれ $\varDelta U_1$，$\varDelta U_2$ とする。$\varDelta U_1+\varDelta U_2$ を，V_A，p_A を用いて表せ。

(7) 状態Dにおける第1室の気体の体積を V_D とし，状態Dにおける第1室，第2室の気体の圧力を p_D とする。$\varDelta U_1$ を，V_A，p_A，V_D，p_D を用いて表せ。

(8) p_D を，V_A，T_A，p_A，Rの中から必要なものを用いて表せ。

4 ［2012 九州大］

1 mol の単原子分子理想気体が，気密を保ちながら，なめらかに動くピストンをもつシリンダー内に閉じこめられている。この気体の圧力を p，体積を V と表す。この気体を図1に示したように，状態1→状態2→状態3→状態4→状態5→状態1とゆっくり変化させるサイクルを考え，これをサイクルAとする。状態1→状態2は断熱変化，状態2→状態3は定積変化，状態3→状態4は定圧変化，状態4→状態5は等温変化，状態5→状態1は定積変化である。状態1の圧力は p_1，体積は V_1 であり，気体定数を R とする。また，この気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ である。この問題で，熱量と仕事は正または0の量とする。

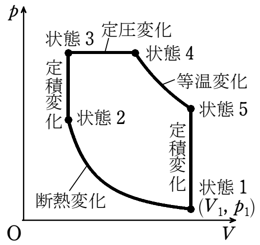


図1

(1) 状態1→状態2の断熱変化で気体は外部から W_{12} $(0\leqq W_{12})$ の仕事をされた。状態2の絶対温度 T_2 を p_1，V_1，R，W_{12} を用いて表せ。

(2) 状態2→状態3の定積変化で気体は熱量 Q_{23} $(0\leqq Q_{23})$ を吸収した。状態3と状態2の絶対温度の差 T_3-T_2 を R，Q_{23} を用いて表せ。

(3) 状態3→状態4の定圧変化で熱量 Q_{34} $(0\leqq Q_{34})$ の移動があった。正しいものを選び番号で答えよ。

① Q_{34} は気体が吸収した熱量である。　② $Q_{34}=0$ である。

③ Q_{34} は気体が放出した熱量である。

(4) 状態1，状態2，状態3，状態4，状態5の絶対温度をそれぞれ T_1，T_2，T_3，T_4，T_5 とするとき，それらの関係を表す不等式として正しいものを選び番号で答えよ。

① $T_2<T_1<T_3<T_4=T_5$　② $T_1<T_2<T_4=T_5<T_3$

③ $T_3<T_4=T_5<T_1<T_2$　④ $T_1<T_2<T_3<T_4=T_5$

⑤ $T_2<T_1<T_4=T_5<T_3$　⑥ $T_3<T_4=T_5<T_2<T_1$

次に，サイクルAにおける状態5から，断熱変化で新たな状態6に変化させ，状態6から状態1に定圧変化でもどす，別のサイクルを考える。すなわち，状態1→状態2→状態3→状態4→状態5→状態6→状態1と変化させるサイクルを考え，これをサイクルBとする。

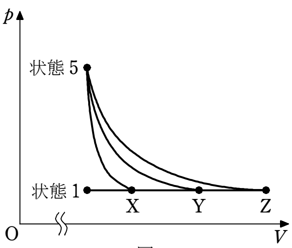


図2

(5) 状態6を図2中のX，Y，Zから選べ。なお，図中の状態5とYを結んでいる線は等温変化の線である。

(6) サイクルBにおいて，状態5→状態6の断熱変化で気体は外部へ W_{56} の仕事をし，状態6→状態1の定圧変化で熱量 Q_{61} の移動があった。また，サイクルAにおいて状態5→状態1の定積変化で気体が放出した熱量を Q_{51} とするとき，Q_{51} を W_{56} と Q_{61} を用いて表せ。ただし，W_{56}，Q_{51}，Q_{61} は，いずれも正または0の量である。

(7) 状態6→状態1の定圧変化において，気体は外部から W_{61} $(0\leqq W_{61})$ の仕事をされた。W_{61} を Q_{61} で表せ。

(8) これらのサイクルを熱機関のサイクルと考えた場合，サイクルAの熱効率 e_A $(0<e_A<1)$ とサイクルBの熱効率 e_B $(0<e_B<1)$ を，Q_{23}，Q_{34}，Q_{45}，Q_{51}，Q_{61} の中から必要なものを用いて，それぞれ表せ。ただし，Q_{45} $(0\leqq Q_{45})$ は，状態4→状態5の等温変化で気体が吸収した熱量である。

(9) $Q_{51}-Q_{61}$ を W_{56} と W_{61} を用いて表せ。

(10) W_{56} と W_{61} の関係で正しいものを選び番号で答えよ。

① $W_{56}>W_{61}$　② $W_{56}=W_{61}$　③ $W_{56}<W_{61}$

(11) e_A と e_B の関係で正しいものを選び番号で答えよ。

① $e_A>e_B$　② $e_A=e_B$　③ $e_A<e_B$

5［2011 九州大］

次の問いに答えよ。

図1に示すように大気中に，鉛直方向になめらかに動くピストンとシリンダーからなる容器Aと，容器Bが，細い管でつながれていて，コックは閉じられている。ピストンの断面積はSであり，質量は無視できるものとする。シリンダーの底面とピストンは質量の無視できるばねでつながれており，ばねの自然の長さはLである。初めピストンは，ばねの長さが自然の長さLになる位置にストッパーで固定されており，容器A内は真空である。容器A内には温度調節器があり，内部の気体を加熱したり冷却したりできる。容器Bの容積は$2SL$である。容器A，Bと細い管，およびコックは断熱材でできており，それらを通した熱の出入りは考えなくてよい。また，細い管の体積は無視できるものとし，ばねおよび温度調節器の体積と熱容量も無視できるものとする。さらに，大気の圧力は高さによらないものとする。気体定数をRとする。

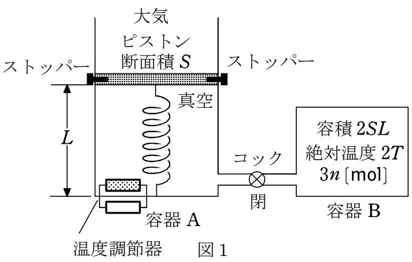


図1

(1) 初め容器B内には，絶対温度$2T$の単原子分子の理想気体が$3n$〔mol〕入っていた。容器B内の気体の圧力を求めよ。

(2) 次にコックを開くと，容器B内の気体が容器A内に拡散した。しばらくして熱平衡の状態に達したが，容器A，B内の気体の絶対温度は$2T$のままであった。この拡散の際に，容器A，B内の気体がした仕事を求めよ。

(3) さらに温度調節器を用いて，容器A，B内の気体の絶対温度を$2T$からTに変化させた。この変化で気体が放出した熱量を求めよ。

(4) 続いてピストンのストッパーを外して自由に動けるようにしたが，ピストンは動かなかった。その後，コックを閉じて容器A内のn〔mol〕の気体を温度調節器で絶対温度Tから$4T$までゆっくりと加熱したところ，図2に示すようにばねの長さは$\frac{4}{3}L$になり，容器A内の気体の圧力は3倍になった。

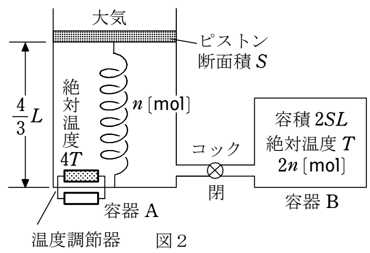


図2

(a) 大気の圧力を求めよ。

(b) この加熱による，容器A内の気体の内部エネルギーの増加を求めよ。

(c) この加熱の際に，容器A内の気体がした仕事を求めよ。

(5) 最後に，ばねの長さが$\frac{4}{3}L$の状態でピストンを固定した後，コックを開いた。しばらくして熱平衡の状態に達した。

(a) 熱平衡の状態に達した後の，容器A，B内の気体の温度を求めよ。

(b) 熱平衡の状態に達した後の，容器A，B内の気体の圧力を求めよ。

6［2013 北海道大］

断熱材で作られた図1のようなシリンダーとピストンがある。シリンダー内にはn〔mol〕の理想気体が封入されており，気体の温度を調節できる加熱冷却器がついている。ピストンはシリンダー内を鉛直方向になめらかに動くことができる。ピストンの可動距離には制限があり，気体の体積はV_0〔m³〕から$2V_0$の範囲で変化する。この気体の定積モル比熱はC_V〔J/(mol·K)〕，定圧モル比熱はC_p〔J/(mol·K)〕である。また，気体定数をR〔J/(mol·K)〕，重力加速度の大きさをg〔m/s²〕とする。次の文章中の$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{イ}}$に等号または不等号を，$\boxed{\text{ウ}}$～$\boxed{\text{キ}}$に適切な数式または数値を入れよ。また，$\boxed{\text{b}}$には図4の中から適切なものを1つ選択してその番号を記入し，$\boxed{\text{a}}$，$\boxed{\text{c}}$はそれぞれ図2，図3に作図せよ。

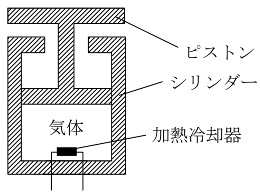


図1

(1) 初め，圧力p_0〔Pa〕，温度T_0〔K〕，体積V_0〔m³〕の状態Sにある気体を，加熱冷却器で一定の温度に保ちながらピストンでゆっくり膨張させた。この等温変化による気体の内部エネルギーの変化ΔU〔J〕は，$\Delta U\ \boxed{\text{ア}}\ 0$となる。次に，気体を状態Sにもどし，加熱冷却器を停止した後，ピストンをゆっくり引き上げて断熱膨張させた。この断熱変化による気体の内部エネルギーの変化ΔUは，$\Delta U\ \boxed{\text{イ}}\ 0$となる。

状態Sから気体の体積が$2V_0$になるまで，前述の等温変化と断熱変化における圧力と体積の関係を図2に表すと$\boxed{\text{a}}$となる。ただし，等温変化は実線で表し，その始点と終点を圧力と体積の値がわかるように黒丸(●)で示せ。断熱変化は破線で表し，等温変化との圧力の大小関係がわかるようにその概略を作図せよ。断熱変化の終点の圧力は計算しなくてよい。

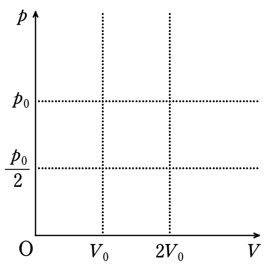


図2

(2) 次に，この気体を図3のS→A→B→C→Sの順にゆっくり状態変化させる。S→Aの状態変化で気体が吸収した熱量をQ_{SA}〔J〕とすると，$Q_{SA}=\boxed{\text{ウ}}\times nC_VT_0$となる。また，A→Bの状態変化で気体が吸収した熱量をQ_{AB}〔J〕，気体が外部にする仕事をW_{AB}〔J〕とすると，それぞれ$Q_{AB}=\boxed{\text{エ}}\times nC_pT_0$，$W_{AB}=\boxed{\text{オ}}\times nRT_0$となる。同様にB→C，C→Sの状態変化を考えると，このサイクルの熱効率が求まる。

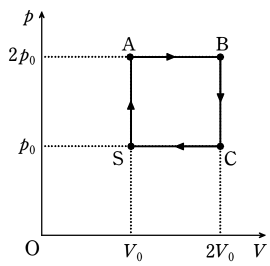


図3

$C_p-C_V=R$の関係を考慮し，比熱比$\gamma\left(\gamma=\frac{C_p}{C_V}\right)$を用いて表すと，熱効率は$\boxed{\text{カ}}$となる。

(3) 図1の装置を図3のS→A→B→C→Sのサイクルではたらく熱機関として用いる。この熱機関では，状態Sのときピストンの上に荷物をのせる。次に，状態Sにある気体を加熱冷却器で加熱して圧力を増加させると，気体の圧力がある値をこえたとき，ピストンが上がり始める。h〔m〕上昇したところでピストンは止まり，荷物を下ろす。その後，加熱冷却器で気体を冷却して圧力を減少させる。気体の圧力がある値より下がるとピストンは下降し始める。ピストンがhだけ下降し，気体は状態Sにもどる。

図3のB→Cの変化中における荷物の有無，ピストンとシリンダーの位置関係を表すのは，図4の$\boxed{\text{b}}$である。ピストンが上昇し始めるときと下降し始めるときの力のつりあいを考えると，この装置を用いて持ち上げることができる荷物の質量は，$\boxed{\text{キ}}\times nRT_0$〔kg〕となる。荷物を$h$だけ持ち上げるのに必要な仕事を図3の$p$-$V$図上の領域に斜線をつけて表すと，$\boxed{\text{c}}$となる。

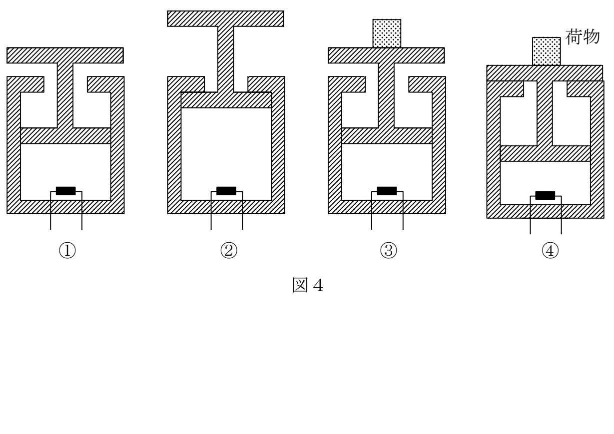


図4

$\boxed{7}$［2015 大阪大］

鉛直に置かれたシリンダーの中に，上下になめらかに動けるピストンを水平に入れ，単原子分子理想気体を閉じ込める。図1のように，シリンダー外には気圧 p_0，温度 T_0 の外気があり，シリンダー内の気体が外気と熱平衡にあるとき，気体の体積は V_0 であった。気体にはヒーターによって熱を与えることができるが，シリンダー内の気体は常に一様とみなせるものとする。また，シリンダーを通して熱の出入りはあるが，外気の温度と気圧は変化しないものとする。重力加速度の大きさを g とし，ピストンの厚みや質量はないものとする。

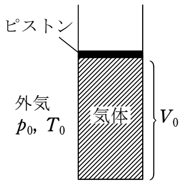


図1

［A］ 図2のように，ピストンの上に質量 M のおもりをのせて全体が熱平衡に達すると，シリンダー内の気体の圧力と体積がそれぞれ p_1，V_1 となった。シリンダーの断面積を S とする。

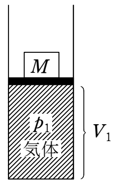


図2

(1) p_1 と V_1 をそれぞれ p_0，M，g，S，V_0 のうち必要なものを用いて表せ。

(2) 次に，おもりをのせたまま，シリンダー内の気体をヒーターで加熱すると，気体はゆっくりと膨張した。気体の体積が V_0 になると同時に加熱をやめた。このときの気体の温度を，p_1 や V_1 を用いず，p_0，M，g，S，T_0 のうち必要なものを用いて表せ。

(3) 加熱をやめてからすぐに，シリンダー内の気体の体積が V_0 に保たれるようにピストンを固定する。時間が経過すると，気体の温度は単調に下がり，やがて外気と同じ温度 T_0 になった。加熱をやめてから熱平衡になるまでの間に気体から外に放出された熱量を，M，g，S，V_0 のうち必要なものを用いて表せ。

［B］ 図1の状態からピストンを押し下げ，図3のように，ピストンの上に液体を入れた状態で，シリンダー内の気体と外気が熱平衡に達した。このとき気体の体積は V_2 であり，気体と液体の体積の合計は V_0 であった。シリンダー側面には，液面直上の高さの位置に細いスリットがあけてある。以下では，これを最初の状態とする。

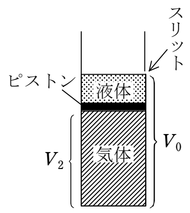


図3

ヒーターで気体を加熱したところ，気体はゆっくりと膨張して，やがて体積が V_0 となり，そのとき気体の温度は T_0 にもどった。この膨張過程において，ピストンの上昇に伴って液体はスリットからこぼれ出し，気体の体積が V_0 となったときにピストン上の液体は完全になくなる。このとき，気体はスリットからもれ出さないものとする。ピストンの上昇中，液面は常に水平に保たれ，その位置は一定の高さ(スリットの位置)にある。また，液体の密度は常に一定であるとし，こぼれた液体は他に影響をおよぼさない。次の問いでは，この膨張過程について考える。

(4) シリンダー内の気体の体積が $V\,(V_2 \leqq V \leqq V_0)$ のとき，気体の圧力を p_0，V_0，V_2，V のうち必要なものを用いて表せ。

(5) シリンダー内の気体の体積が $V\,(V_2 \leqq V \leqq V_0)$ のとき，気体の温度を T_0，V_0，V_2，V のうち必要なものを用いて表せ。

(6) シリンダー内の気体の温度が最も高くなるとき，気体の体積と温度をそれぞれ T_0，V_0，V_2 のうち必要なものを用いて表せ。

(7) 図3に示した最初の状態からシリンダー内の気体の体積が V_0 になるまでの間に気体が吸収した正味の熱量(気体がヒーターから吸収した熱量から外に放出した熱量を引いたもの)を，p_0，V_0，V_2 のうち必要なものを用いて表せ。