

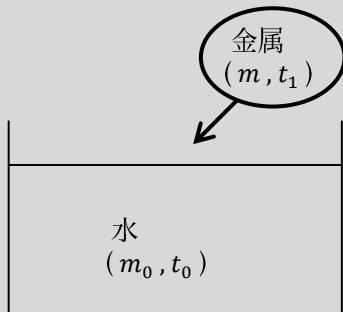
大学入試攻略のための良問(基本編)

[熱力学 17 題]

[熱の移動]

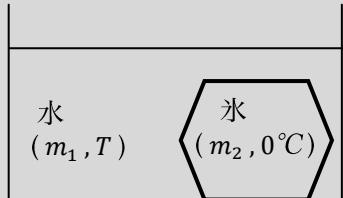
例題 1

質量 m_0 の水(比熱 c_0)を温度 t_0 にして、その中に質量 m 、比熱 c の温度 t_1 に熱した金属を入れ、水をかき混ぜた。充分に時間が経過した後の温度を求めよ。ただし、水を入れた容器の熱容量は無視し、空気中への熱の放出も無視する。



例題 2

質量 m_1 (g)の T ($^{\circ}\text{C}$)の水の中に、質量 m_2 (g)の 0°C の氷を入れ、全体が一様になったときの温度を求めよ。ただし、水の比熱を c (J/g·K)、氷の融解熱を γ (J/g)とする。



[理想気体の状態方程式]

例題 1

一定量の理想気体について、以下の各問い合わせよ。

- (1) 温度を一定にしたまま体積を 2 倍にすると、圧力は何倍になるか。
- (2) 圧力を一定にしたまま温度を 2 倍にすると、体積は何倍になるか。

例題 2

下図のように、断面積が等しい円筒容器 A、B が水平な床の上に固定され、自由に動くピストンで連結されている。最初はどちらの気体も圧力 p 、絶対温度 T 、体積 V に保たれている。ここから、容器 B の温度は T に保ったまま容器 A の温度を t だけゆっくり上げたところ、ピストンが容器 B の方へ移動してつりあった。これについて以下の各問い合わせよ。



- (1) 容器 A の体積の増加量 ΔV を求めよ。
- (2) 容器 A の気体の圧力はいくらになったか求めよ。

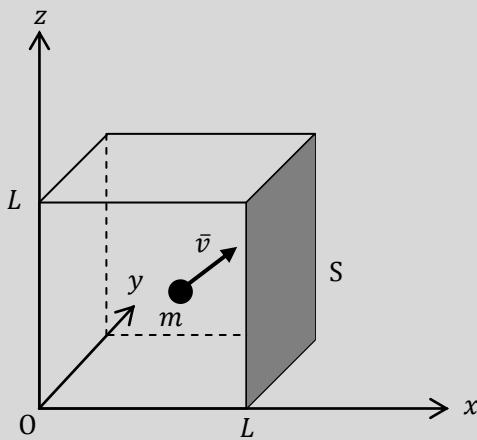
[気体の内部エネルギー]

例題 1

次の問題文の(1)から(8)を適切な式で埋めよ。

1辺の長さが L の立方体の容器に、 N 個の分子からなる理想気体が閉じ込められている。この気体の圧力と分子の運動エネルギーについて考える。

図のように、質量 m で速度 $v = (v_x, v_y, v_z)$ を持つ気体分子が、 x 軸方向の速度成分 v_x で、 x 軸に垂直な壁 S に完全弾性衝突したとする。この分子が 1 回衝突したとき、壁が受ける力積は (1) である。この分子が壁 S と単位時間あたりに衝突する回数は (2) であるので、壁 S がこの分子から受ける力は (3) である。壁 S が気体から受ける力を計算するためには、この力を N 個の気体分子について足し合わせればよい。全気体分子についての v_x^2 の総和を、 v_x^2 の平均値 $\overline{v_x^2}$ を使って $N \overline{v_x^2}$ と置き換える。また、運動の等方性から $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ なので、 $\overline{v_x^2} = \frac{1}{3} (\overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}) = \frac{1}{3} \overline{v^2}$ と表せる。これらの結果から、壁が N 個の気体分子から受ける力は (4) となり、壁が受ける圧力 $p = (5)$ と表せる。ここで、 L^3 は気体の体積 V なので、 $pV = (6)$ となる。この式を理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ と比較すると、アボガドロ数 N_A を使って分子 1 個の平均運動エネルギー $\frac{1}{2} mv^2 = (7)$ と求められる。またこれを N 個の分子全体に当てはめれば、分子全体のエネルギー = (8) と表すことができる。



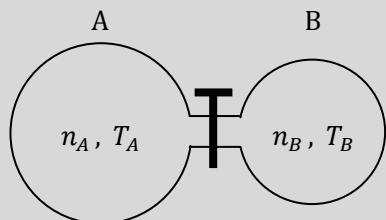
例題 2

0 °Cの水素ガスと酸素ガスがある。水素の分子量を 2、酸素の分子量を 32 として以下の各問い合わせに答えよ。

- (1) 水素分子の平均の速さは、酸素分子の平均の速さの何倍か。
- (2) 温度が 819°C になったとき、水素分子と酸素分子の平均の速さは 0 °C のときに比べて何倍になるか。

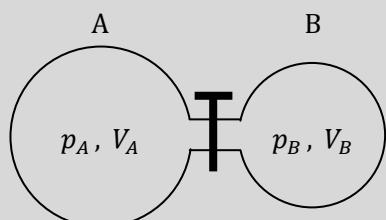
例題 3

断熱材でできた容器 A と容器 B が細い管でつながれ、管には A と B の間を開閉できるコックがついている。はじめコックは閉じられていて、容器 A には温度 T_A の Ar(単原子分子理想気体と見なせる)が n_A (mol)、容器 B には温度 T_B の Ar が n_B (mol) 入っていた。コックを開いて充分時間が経った後、混合気体の温度はいくらになるか。



例題 4

断熱材でできた体積 V_A の容器 A と体積 V_B の容器 B が細い管でつながれ、管には A と B の間を開閉できるコックがついている。はじめコックは閉じられていて、容器 A には圧力 p_A の Ar(単原子分子理想気体と見なせる)が、容器 B には圧力 p_B の Ar が入っていた。コックを開いて充分時間が経った後、混合気体の圧力はいくらになるか。



[熱力学第1法則]

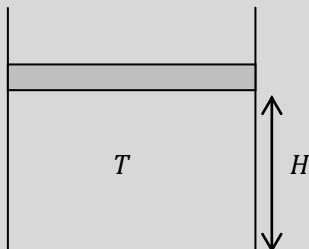
例題 1

ピストンのついた容器に一定量の理想気体を入れたところ、温度 T 、体積 V となった。容器とピストンは自由に熱を通す材質でできており、外気の温度は一定に保たれている。このとき、この気体に充分ゆっくりと仕事 w を加えて圧縮した。これについて以下の各問いに答えよ。

- (1) このとき、気体の内部エネルギーの増加量を求めよ。
- (2) このとき、気体が外部に放出した熱量を求めよ。

例題 2

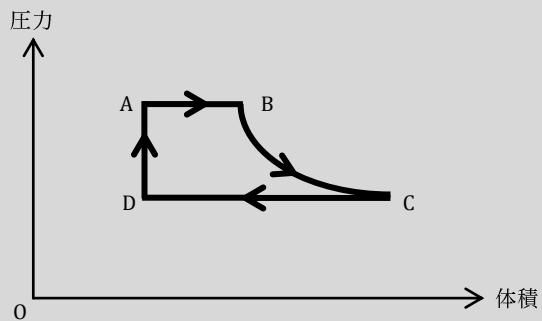
下図のように、なめらかに上下できるピストンで温度 T の気体を閉じ込めた。ピストンの質量は m 、断面積は S で、はじめピストンは容器の底面から高さ H の位置にあった。大気圧を p_0 、重力加速度の大きさを g として、以下の各問いに答えよ。



- (1) 気体の圧力を求めよ。
- (2) この気体に熱量 Q を与えたら、ピストンはゆっくりと h だけ上昇した。このときの気体の内部エネルギーの変化量を求めよ。

例題 3

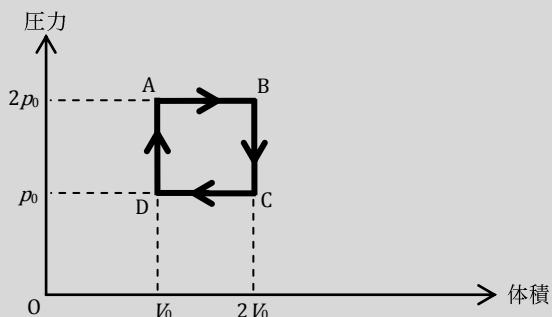
一定量の理想気体を、図のように状態変化させた。B から C へ変化する過程では、気体の圧力は体積に反比例していた。この過程の中で、気体が外部へ熱を放出する過程を答えよ。



[熱力学総合問題]

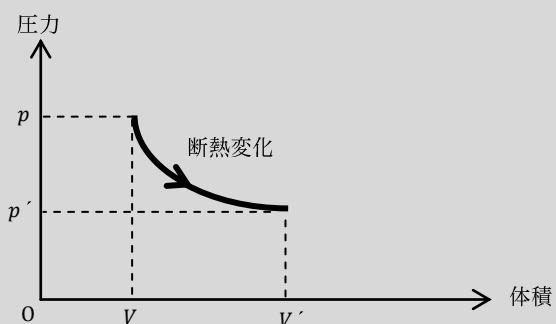
例題 1

一定量の单原子分子理想気体を、図のように状態変化させる熱機関がある。この熱機関の熱効率を求めよ。



例題 2

一定量の单原子分子理想気体を、図のように状態変化させた。このとき、気体が外部にした仕事を求めよ。



例題 3

自由に動けるピストンのついたシリンダー容器を水平に置き、一定量の单原子分子理想気体を入れて外気圧 p のもとに置いたところ、気体の体積は V となった。次に、気体に熱を加えたら体積が V' になった。このとき気体に加えられた熱量を求めよ。



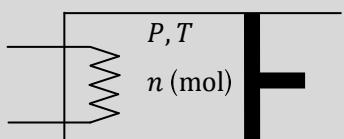
例題 4

定積モル比熱が C_V 、定圧モル比熱が C_P の理想気体 n (mol)を、自由に動けるピストンのついたシリンダー容器に閉じ込めた。この気体を一定の圧力のもとで、温度が T から T' になるまで加熱した。

- (1) 気体の内部エネルギーの増加量を求めよ。
- (2) このとき気体が外部にした仕事を求めよ。

例題 5

ヒーターを内蔵した、自由に動くピストンのついた断熱容器の中に、 n (mol)の理想気体が圧力 P 、温度 T で封入されている。この気体にヒーターで熱量 Q を与えると、気体の温度はいくらになるか。気体の定積モル比熱を C_V 、気体定数を R として求めよ。



例題 6

下部に穴がある熱気球がある。空気を除いた気球の質量は M 、気球の容積は V である。また、大気圧は p 、外気の温度は T 、空気の密度は ρ であるとする。球体は断熱素材でできていって、容積 V はつねに一定である。この気球内の空気を温めて、気球を浮上させたい。気球内の空気の温度をいくら以上にすればよいか。空気は理想気体として扱ってよい。

