

2017年度熱力学 宿題 (第4回)

著作権上の問題が発生するため学生が個人的に利用することだけ認めます。くれぐれも2次配布しないでください。

学 科		学 年	年	番 号		氏 名	
--------	--	--------	---	--------	--	--------	--

1. ピストンとシリンダからなる閉じた系の中に理想気体が入っている。この理想気体を、Fig.1 と Fig.2 に示した $p - V$ 図中の実線に沿って、それぞれ1サイクルだけ状態を変化させる。ただし、気体の状態を1サイクル変化させても、変化前と変化後の気体状態は変わらないものとする。また、図中の A, B, C, D のどこからサイクルがスタートするかは任意に選べるものとする。また、この間では、気体が外に仕事をする場合 (気体の体積が大きくなる), 気体が行う仕事 δW が正 ($\delta W > 0$) であるものとする¹。以下の間に答えよ。

- (a) 1サイクル経た後で、気体が行う仕事の総量 $\Sigma \delta W$ が正になるためには、Fig.1 と Fig.2 のサイクルを回す向きは、時計回りに回すべきか、反時計回りに回すべきか、以下の選択肢 (イ) ~ (ニ) から選び、記号で答えよ。
- (b) 1サイクル経た後で、系に出入りする熱量の総量 $\Sigma \delta Q$ が正となるためには、Fig.1 と Fig.2 のサイクルを回す向きは、時計回りに回すべきか、反時計回りに回すべきか、以下の選択肢 (イ) ~ (ニ) から選び、記号で答えよ。

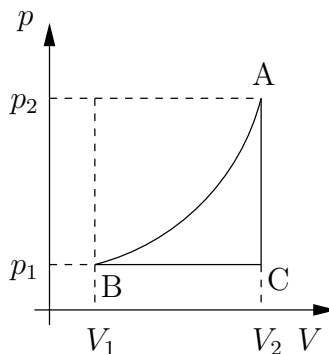


Fig. 1

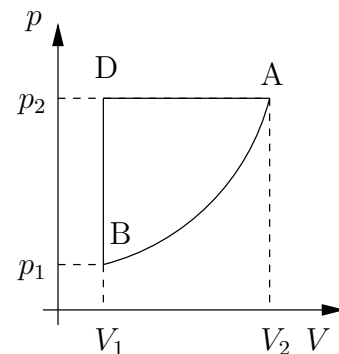


Fig. 2

- (c) Fig.1 と Fig.2 を時計回りに1サイクル回すとする。この時、仕事の総量 $\Sigma \delta W$ が大きくなるのは Fig.1 と Fig.2 のどちらになるか、答えよ。
- (d) Fig.1 と Fig.2 を時計回りに1サイクル回すとする。この時、気体に入る熱量の総量 $\Sigma \delta Q$ が大きくなるのは Fig.1 と Fig.2 のどちらになるか、答えよ。

[選択肢]

- (イ) Fig.1 は時計回り, Fig.2 は反時計回り (ロ) Fig.1 は反時計回り, Fig.2 は時計回り
(ハ) Fig.1 と Fig.2 とともに時計回り (ニ) Fig.1 と Fig.2 とともに反時計回り

(a)		(b)		(c)		(d)	
-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

¹講義では、気体が外に仕事をする場合、仕事 $\delta W < 0$ (負) となるように正負を考慮して、仕事を $\delta W = -p\Delta V$ と定義している。例えば、気体が外に仕事 δW する場合 (膨張する場合 ($\Delta V > 0$)), 内部エネルギーを ΔU だけ消費して (ΔU だけ減らして) いる、つまり内部エネルギーの変化分は、 $\Delta U < 0$ (マイナス) である。また、熱力学第一法則 ($\Delta U = \delta W + \delta Q$) より (仮に $\delta Q = 0$ の過程であるとする)、 ΔU と δW の符号が同じということになる。そこで、外に仕事をする場合、 ΔU の符号は負であり、上記のように仕事を $\delta W = -p\Delta V$ と定義すれば、仕事 δW の符号も負となる。

2. 圧力 p が 1 気圧 (1.05×10^5 [Pa]), 温度 T が 300 K の単原子分子理想気体 (以下, 理想気体とよぶ) が, 体積 V が $1[\text{m}^3]$ の容器に入っている. この理想気体の状態を変化させたところ, 理想気体の温度が 350 K になった. この気体の内部エネルギーの変化分 ΔU , 気体がした仕事 δW , 熱の出入り δQ をそれぞれ求めよ. ただし, この容器の体積は変化せず, 気体定数は $R = 8.31$ J/mol·K とし, 解答は有効数字 3 桁で単位をつけて答えよ.

(ΔU)		(δW)		(δQ)	
----------------	--	----------------	--	----------------	--

3. ピストンとシリンダーからなる容器に, 1 kg の水と空気が閉じ込められている. 最初, 液体の状態で, 水の体積は $1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ であり, 容器内の空気の圧力 p は 1 気圧 (1.05×10^5 [Pa]) とする. この容器に熱量 Q を加えたところ, 全ての水が水蒸気となり, 水蒸気の体積が 1.671 m^3 となった. この容器のピストンとシリンダーとの間には摩擦力が働かず, 容器内の圧力と外の圧力 (大気圧) が常につり合った状態で自由に動くものとする. また, 単位質量 (この場合 1 kg) あたりの水の気化熱は 2256 kJ/kg とする. 以下の間に答えよ. なお, 空気の質量は無視できるものとする.

- (a) この体積が膨張した気体の状態変化は何変化と呼ぶか答えよ.

(何変化)	
-------	--

- (b) この状態変化において, 容器内の気体がした仕事は何 [J] であるか答えよ.

(答)	
-----	--

- (c) この状態変化で, 水の蒸発熱の総量は何 [J] か答えよ. なお, この間 (c) の熱量が, 気体に加えられた熱量 Q である.

(答)	
-----	--

- (d) この状態変化で, 気体の内部エネルギーの変化分は何 [J] であるか答えよ.

(答)	
-----	--