

2017年度熱力学 宿題 (第7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	
--------	--	--------	---	--------	--	--------	--

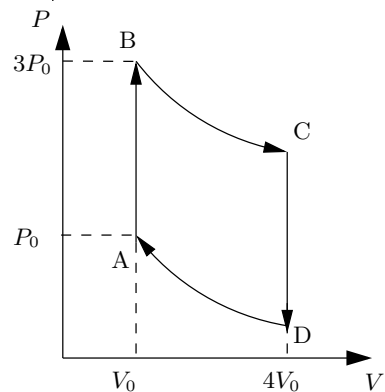
1. 熱機関の1つであるガソリンエンジンのサイクルについて考える。図では、ガソリンエンジンのサイクルが、断熱変化と、定積変化を組み合わせたものとしている。図の、状態 $B \rightarrow C$ と、 $D \rightarrow A$ は断熱過程を示す。以下の問に答えよ。ただし、以下では、物質量は $n = 1 \text{ mol}$ 、状態 A の圧力 P_0 と温度 T_0 、さらに、比熱比 γ を用いて解答するものとする。

- (a) 状態 A の体積を答えよ。この問では、気体定数を R を用いて良い。

体積	
----	--

- (b) 状態 B の温度 T_B を答えよ。

T_B	
-------	--



- (c) 状態 C, D の圧力と温度を答えよ。

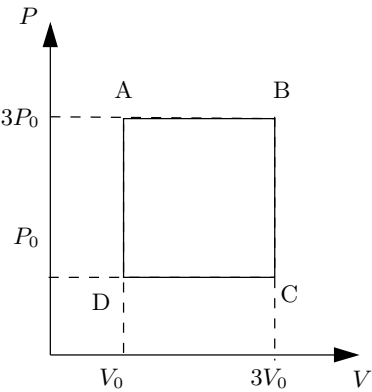
状態 C	圧力	温度	状態 D	圧力	温度
------	----	----	------	----	----

- (d) このサイクルの熱効率 η を答えよ。

効率 η	
-----------	--

2. 物質量 $n=1\text{ mol}$ の単原子分子理想気体がある。この気体を，図に示すようなサイクルで状態変化させた。以下の間に答えよ。ただし，解答には，図中に使用している記号 p_0, V_0 のみ使用して答えること。

(a) $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$, $D \rightarrow A$ の各状態変化の過程において，熱量の変化分 δQ を答えよ。ただし，熱量を放出する場合は，解答にはマイナスの符号を付けて答えよ。



A→B		B→C		C→D		D→A	
-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

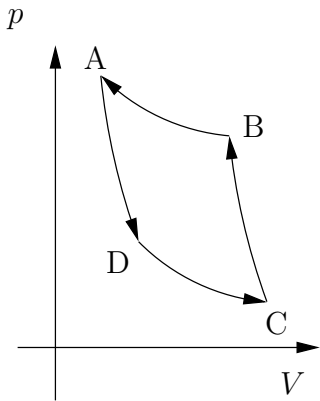
(b) $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$, $D \rightarrow A$ の各状態変化の過程において，気体がした仕事 δW を答えよ。ただし，気体が仕事をされた場合は，解答にはマイナスの符号を付けて答えよ。

A→B		B→C		C→D		D→A	
-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

(c) このサイクルの熱効率 η を答えよ。

効率 η	
-----------	--

3. 物質質量 $n=1$ mol の単原子分子理想気体がある。この気体を、作業物質とした熱機関を考え、図に示すようなカルノーサイクルとは逆のサイクルで状態変化させる。カルノーサイクルは、可逆機関なので、逆向きに働かせることができる。具体的には、 $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ の順に、断熱膨張、等温膨張、断熱圧縮、等温圧縮をさせる。この時、状態 A, B の気体の温度は T_1 、状態 C, D の気体の温度は T_2 である。また、状態 A, B, C, D の気体の体積は、それぞれ V_A, V_B, V_C, V_D である。また、このカルノーの逆サイクルは、上記の 4 つの状態変化を経ることで、外から仕事をされ、温度 T_2 の低温熱源から熱量 Q_2 を受け取り、高温熱源へ熱量 Q_1 を捨てるものである。以下の問に答えよ。ただし、気体定数 R は用いて良いものとする。



- (a) 始めに、カルノーサイクルについて復習する。カルノーサイクルでは、温度 T_1 の高温熱源と、温度 T_2 の低温熱源 ($T_2 < T_1$) と、作業物質 (ピストンとシリンダーとその中に閉じ込めた理想気体のこと) からなる熱機関を考え、高温熱源から得た熱量 (Q_1) の一部を外へする仕事 (W) に置き換えて、残りの熱量 (Q_2) は低温熱源へ捨てるというものであった。このカルノーサークルの効率 η を、 T_1, T_2 を用いて答えよ。

答	
---	--

- (b) 状態 $A \rightarrow D$ において気体ができる仕事を W_{AD} を答えよ。ただし、定積モル比熱 C_V, T_1, T_2 を用いて解答すること。

答	
---	--

- (c) 状態 $D \rightarrow C$ において気体ができる仕事を W_{DC} を答えよ。ただし、気体定数 R, T_2, V_C, V_D を用いて解答すること。

答	
---	--

- (d) このカルノーの逆サイクルで、気体がされた仕事 W を答えよ。ただし、気体定数 $R, T_1, T_2, V_A, V_B, V_C, V_D$ を用いて解答すること。

答	
---	--

- (e) ポアソンの関係式から、 V_A, V_B, V_C, V_D に成り立つ関係式を導け。

答	
---	--

(f) このカルノーの逆サイクルの熱機関の効率 η を求めよ．ただし， T_1, T_2 を用いて解答すること．

答	
---	--

4. ある燃料 1 kg を燃焼させたとき， $q[\text{kJ/kg}]$ の熱量が発生したとする．この燃料を燃焼させることで，高温熱源の温度が $T_1 [\text{K}]$ に保たれる．この高温熱源と，温度が $T_2 [\text{K}]$ の低温熱源からなるカルノーサイクルがあるとする．以下の間に答えよ．

(a) この燃料が $M [\text{kg}]$ あったとする．この時，燃料の燃焼熱 Q_1 を答えよ．

(答)	
-----	--

(b) この燃料の燃焼から得られる仕事 W を答えよ．

(答)	
-----	--

(c) 低温熱源に放出する熱量 Q_2 を答えよ．

(答)	
-----	--

(d) 燃料が灯油だったとする．高温熱源の温度 $T_1 = 300 [^\circ\text{C}]$ で，低温熱源の温度 $T_2 = 20 [^\circ\text{C}]$ であったとする．このカルノーの熱サイクルからなる熱機関の効率 η を答えよ．

(答)	
-----	--

(e) 灯油の $q = 4.5 \times 10^4 [\text{kJ/kg}]$ である．いま，灯油 10 kg を燃焼させたとき，得られる仕事 W と，低温熱源に放出する熱量 Q_2 を答えよ．

(W)		(η)	
---------	--	------------	--