

受験番号/Number \_\_\_\_\_

外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.

問(I) 次の各問に答えよ。(25点)

Answer the following questions. (25 points)

図1の $p$ - $v$ 線図に示すように、単位質量の理想気体(気体定数 $R$ 、定積比熱 $C_v$ 、定圧比熱 $C_p$ )を作動流体とするオットーサイクルを考える。この気体の比熱は温度によらず一定である。

(1→2) 温度 $T_1$ 、圧力 $p_1$ 、比体積 $v_1$ から断熱圧縮して、温度 $T_2$ 、圧力 $p_2$ 、比体積 $v_2$ に変化(2→3) 温度 $T_2$ 、圧力 $p_2$ 、比体積 $v_2$ から等積加熱して、温度 $T_3$ 、圧力 $p_3$ 、比体積 $v_3$ に変化(3→4) 温度 $T_3$ 、圧力 $p_3$ 、比体積 $v_3$ から断熱膨張して、温度 $T_4$ 、圧力 $p_4$ 、比体積 $v_4$ に変化(4→1) 温度 $T_4$ 、圧力 $p_4$ 、比体積 $v_4$ から等積冷却して、温度 $T_1$ 、圧力 $p_1$ 、比体積 $v_1$ に変化比熱比 $\kappa=C_p/C_v$ 、圧縮比 $\varepsilon=v_1/v_2$ 、圧力上昇比 $\varphi=p_3/p_2$ とする。以下の問いに、 $T_1$ 、 $\varepsilon$ 、 $\varphi$ および $\kappa$ のうち必要なものを用いて答えよ。(1) 断熱圧縮後の温度 $T_2$ 、等積加熱後の温度 $T_3$ 、断熱膨張後の温度 $T_4$ (2) オットーサイクルの熱効率 $\eta$ 

(3) オットーサイクルの最高温度と最低温度で作動するカルノーサイクルを考える。

カルノーサイクルの効率とオットーサイクルの効率の比を求めて、両サイクルの大小関係を説明せよ。

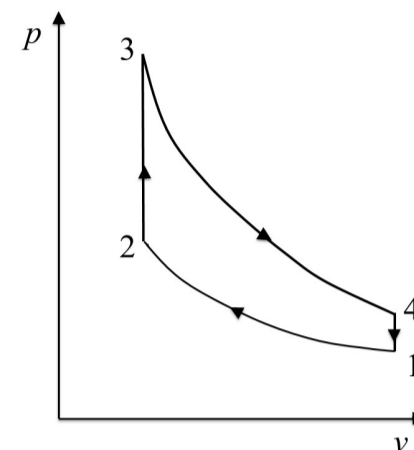


Fig. 1

The Otto cycle of the perfect (ideal) gas consists of the following four processes as shown in Figure 1. The perfect gas has a specific heat at constant volume  $C_v$  and a specific heat at constant pressure  $C_p$ .

(1→2) Reversible adiabatic compression from State 1 (temperature, pressure, and specific volume:  $T_1$ ,  $p_1$ ,  $v_1$ ) to State 2 ( $T_2$ ,  $p_2$ ,  $v_2$ )(2→3) Reversible constant volume pressure increase from State 2 ( $T_2$ ,  $p_2$ ,  $v_2$ ) to State 3 ( $T_3$ ,  $p_3$ ,  $v_3$ )(3→4) Reversible adiabatic expansion from State 3 ( $T_3$ ,  $p_3$ ,  $v_3$ ) to State 4 ( $T_4$ ,  $p_4$ ,  $v_4$ )(4→1) Reversible constant volume pressure decrease back to State 1 ( $T_1$ ,  $p_1$ ,  $v_1$ ).The gas constant  $R$  and the specific heat ratio  $\kappa (=C_p/C_v)$  are constant.  $\varepsilon (=v_1/v_2)$  is the compression ratio and  $\varphi (=p_3/p_2)$  is the pressure ratio.Answer the following questions using  $T_1$ ,  $\varepsilon$ ,  $\varphi$ , and  $\kappa$ .(1) The temperatures  $T_2$ ,  $T_3$ , and  $T_4$ 

(2) The efficiency of the Otto cycle

(3) Suppose the Carnot cycle operating at a hot source temperature  $T_H$  and a low source temperature  $T_L$ , which are the same temperatures as maximum and minimum temperatures of the Otto cycle, respectively. Calculate the ratio of the Otto efficiency to the Carnot efficiency, and show which cycle exhibits a higher efficiency.

□外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること。紙面が足りない場合には、裏面を使ってもよい。

□Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English. You may use the reverse side, if there is not enough space.

令和 8 年度 大学院工学府修士課程外国人特別選抜試験  
Entrance Examination for International Master's Program 2026

Group B  
物理化学/Physical chemistry

受験番号/Number \_\_\_\_\_

外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English.

問(II)次の各問に答えよ。(25点)

Answer the following questions. (25 points)

式1に示す1次反応の化学反応と式2に示す2次反応の化学反応がある。



ある時刻における成分Jの濃度を[J]と表す。

- (1) それぞれの反応速度を濃度[A], [C]と速度定数 $k_1$ ,  $k_2$ を用いて示せ。
- (2) 時刻  $t$  における濃度[A], [C]を $k_1$ ,  $k_2$ ,  $t$ , および初濃度[A] $_0$ , [C] $_0$ を用いて示せ。
- (3) それぞれの化学反応によってAとCが同じ期間で半分になったとして, さらに半分になる期間の長さが異なることを反応速度式を用いて説明せよ。なお, 反応が起こる前はそれぞれの反応前の物質で満たされているものとする。

There are a first-order chemical reaction shown in Equation (1), and a second-order chemical reaction shown in Equation (2). The molar concentration of a component J at same instant is described below as [J].

- (1) Express each reaction rate shown in Equations (1) and (2), by [A], [C] and rate constants  $k_1$  and  $k_2$ .
- (2) Express [A] and [C] at a time  $t$ , using  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $t$ , and the initial concentrations of A, [A] $_0$  and C, [C] $_0$ .
- (3) Assuming the initial concentrations are the same and the first half-life is identical, explain using the rate law why the next half-life (the time required for the concentration to decrease to one-fourth) differs.

外国人特別選抜受験者は日本語で解答すること。紙面が足りない場合には、裏面を使ってもよい。

Applicant of INTERNATIONAL MASTER'S PROGRAM should answer in English. You may use the reverse side, if there is not enough space.