

平成 20 年 9 月 2 日 (火) 試験時間：2 限 10 時 55 分～12 時 25 分 (90 分間)

クラス：1 年 理 II, III (14-15, 17-18, 20-21, 23)

問題 1 枚・計算用紙 1 枚・解答用紙両面 1 枚 ノート・参考書・計算機持込不可

注意：計算問題は導出過程も示すこと。必要に応じて次の値を参照せよ。  
 $\ln 2 = 0.693, \ln 3 = 1.10, \ln 5 = 1.61, 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ , 気体定数  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ,  $0^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K}$   
 問題に明らかな誤りがあると思う場合は、それを指摘・修正して解答すること。

問題 1 次のような状態方程式で表される気体が準静的過程によって、等温的に体積が  $V_1$  から  $V_2$  に変化するとき、この気体が外部に対してする仕事を求めよ。

$$(1) P(V-b) = RT \quad (2) \left( P + \frac{a}{V^2} \right) (V-b) = RT$$

( $a, b$  は気体の種類によって定まる定数)

問題 2  $n$  モルの理想気体を作業物質とした以下の 4 つの過程からなるカルノーサイクルを考える。

- ・ 等温可逆膨張過程  $A \rightarrow B$ : 温度  $T_2$  において、体積  $V_A$  から  $V_B$  まで準静的に膨張し、温度  $T_2$  の高温熱源から熱を吸収する。
- ・ 断熱可逆膨張過程  $B \rightarrow C$ : 体積  $V_B$  から  $V_C$  まで断熱条件で準静的に膨張し、温度は  $T_2$  から低温熱源の温度  $T_1$  まで低下する。
- ・ 等温可逆圧縮過程  $C \rightarrow D$ : 温度  $T_1$  において、体積  $V_C$  から  $V_D$  まで準静的に圧縮する。温度  $T_1$  の低温熱源へ熱を放出する。
- ・ 断熱可逆圧縮過程  $D \rightarrow A$ : 体積  $V_D$  から  $V_A$  まで断熱条件で準静的に圧縮する。温度は  $T_1$  から  $T_2$  に上昇する。

以下の問いに答えよ。

- (1)  $A \rightarrow B$  の過程において系が外界にした仕事、内部エネルギー変化、外界から吸収した熱量、エントロピー変化を求めよ。
- (2)  $B \rightarrow C$  のような断熱可逆過程においては、一般に  $V^{\gamma-1}T = \text{一定}$  (ただし  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ) が成り立つこと示せ。
- (3) このカルノーサイクルの効率を導出せよ。

問題 3 ある山の頂上における大気圧は  $0.300 \text{ atm}$  である。水のモル蒸発熱を  $40.66 \text{ kJmol}^{-1}$  としたとき、この山の頂上で水が沸騰する温度を計算せよ。(答えの有効数字は 3 桁とする)。ただし、水蒸気に対して理想気体近似が成り立つとする。

問題 4 熱力学第一法則とエントロピーの定義より次の式を導け。

$$dS = \frac{1}{T} \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT + \frac{1}{T} \left\{ \left( \frac{\partial U}{\partial V} \right)_T + P \right\} dV$$

問題 5 反応  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$  の  $699 \text{ K}$  における圧平衡定数は  $55.3$  である。

$HI: 7.00 \times 10^{-1} \text{ atm}$ ,  $H_2: 2.00 \times 10^{-2} \text{ atm}$ ,  $I_2: 2.00 \times 10^{-2} \text{ atm}$  からなる混合物では、この温度で反応はどちらの方向に進行するかを説明せよ。また、この混合物が  $699 \text{ K}$  において平衡状態に達した時の各成分の分圧を求めよ。(答えの有効数字は 2 桁とし、 $\sqrt{55.3} = 7.44$  とする)

注意：以下のことを怠った場合には、不正行為として取り扱われることがある。

- ・試験中は、本人確認のため、常に学生証を机の上に置いて受験すること。
- ・机の上には、学生証の他、筆記用具、時計、教員から特に認められた物以外は置かないこと。
- ・これ以外の物は見えないような位置に収納した上で、机の中、脇の椅子または床の上に置くこと。
- ・携帯電話等は必ず電源を切って鞆等にしまうこと。携帯電話等を時計や電卓の代わりに使用してはならない。
- ・解答用紙や計算用紙は所定の枚数を超えて取ってはならない。答案を提出せずに持ち帰ってはならない。
- ・試験監督者並びに科目担当教員の試験に関する指示に従うこと。明らかに試験に支障を来たず行為は行ってはならない。