熱力学　試験問題

2009年9月　担当 風間
90分　問題用紙　1枚
解答用紙　両面1枚　計算用紙　1枚

以下の設問では、理想気体の定積モル比熱 C_V および定圧モル比熱 C_P が定数になることを用いてよい。

第1問

(a)　カルノーサイクルとは何か。P-V 図を用いて説明せよ。またその重要性を簡潔に説明せよ。

(b)　1モルの理想気体の断熱変化において $PV^\gamma =$ 一定が成り立つことを示せ。ここで、$\gamma = C_P/C_V$ である。

(c)　絶対温度 T_H および T_L(但し $T_H > T_L$) の二つの熱浴の間に、理想気体を作業物質として働くカルノーサイクルにおいて、その効率が $1-(T_L/T_H)$ で与えられることを具体的な計算で示せ。

第2問

(a)　ある気体1モルの内部エネルギー U は、エントロピー S および体積 V の関数として表すと

$$U(S,V) = aV^{-b}e^{S/a}, \qquad a, b \text{は正の定数}$$

で与えられる。この気体の従う状態方程式を導き、どのような気体か述べよ。

(b)　定数 a および b の物理的な意味を述べよ。

(c)　この気体のヘルムホルツの自由エネルギー F を V と T の関数として求めよ。

第3問

(a)　エントロピーが状態量であることを用いて、次のよく知られた関係式を証明せよ。

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$$

(b)　状態方程式が $P = f(V)T + g(V)$ の形で与えられる気体の定積モル比熱 C_V は温度 T のみの関数になることを示せ。ここで $f(V)$ および $g(V)$ は任意関数である。

(c)　van der Waals 気体1モルの状態方程式は a, b を正の定数として、$P = RT/(V-b) - (a/V^2)$ で与えられる。この気体を等温で体積 V_1 から V_2 に増加させる時のエントロピーの変化を求めよ。

第4問
~~**第5問**~~　(最高5点を加算する)

講義で最も興味深く感じた事柄をその理由と共に述べよ。

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ることのないよう鞄等に収納した上で、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鞄等にしまうこと。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。