熱力学 II 小テスト [3][†1]　2017 年 10 月 27 日 10:10–10:20

[注意] 問題文をよく読むこと．問われていることのみを解答のこと．
[問 2 と 3 の記号] F は自由エネルギー, U は内部エネルギー, p は圧力, V は容積, T は絶対温度, S はエントロピーである．

問 1. 互いに独立な 2 変数 x と y の双方に依存する関数 $f(x, y)$ の関数形が,

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 1 \tag{A}$$

によって決定される．

(1) [20 点, 根拠省略可 (答えのみ可)] 上式 (A) の一般解を書け．

(2) [20 点, 答えのみ書け] 上式 (A) の特殊解 (特解) を 1 つ書け．

問 2. [20 点, 答えのみ書け]
準静的な可逆過程ならば, 4 変数 p, V, T, S の間に, 4 連立の 1 階線形定数係数偏微分方程式が成立する．その連立方程式のうち,

$$\mathrm{d}F = -S\mathrm{d}T - p\mathrm{d}V \tag{B}$$

を根拠として導かれるものを書け．

注意: 式 (B) は既知であり, (B) の導出を問うものではない．

注意: Maxwell の関係式 4 本全てを書いたら不可とする．(B) を根拠に導かれる式のみ書け．

問 3. [40 点] 準静的な可逆過程ならば,

$$p = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T \tag{C}$$

が成立する．上式 (C) に F の定義を代入し, 次式 (D) を導け．

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T - p \tag{D}$$

注意: 式 (C) は既知であり, (C) の導出を問うものではない．

問 4. 満点取得者の氏名を manaba に公表する予定ですが, 望まない場合には明記してください．講義の感想や疑問点があれば書いてください (manaba で回答)．終わった人は裏面を読んでください．

以上

[†1] 100 点満点で採点し, 熱力学 II の前半の 100 点満点中 10 点に換算する．

熱力学II第4回講義レジュメ

1. 前回までの復習:

   1) **“4種類”**のエネルギー(内部エネルギー U, 自由エネルギー F, エンタルピー H, 自由エンタルピー G) それぞれに対する **“4本”**の熱力学恒等式 (微分形のエネルギー保存則, 第一法則の4種類の表現) を整えた.

   2) U, F, H, G が**熱力学ポテンシャルとなるための独立変数依存性はただ1つ**であった.

   3) p, T, V, S の **“4変数”**を関係づける **“4本”**の Maxwell の関係式 (2.13)–(2.16) を導いた.

   4) エネルギー方程式 (3.5) を導き, **Maxwellの関係式 (2.14) を利用して S を消去し**, その形をわかりやすくした (式 (3.7)). 系に理想気体を仮定し, Joule の法則 (3.10) を導いた.

2. 今回の要点:

   1) [§3.2.1–3.2.2] 状態変数 (2変数関数) としての一般的な定圧熱容量 C_P と定容熱容量 C_V の導入: $C_P(T,p) = \left(\dfrac{\partial H}{\partial T}\right)_p = T\left(\dfrac{\partial S}{\partial T}\right)_p$, $C_V(T,V) = \left(\dfrac{\partial U}{\partial T}\right)_V = T\left(\dfrac{\partial S}{\partial T}\right)_V$

   2) [ポイント] (i) 2変数関数の合成関数の導関数公式 (0.56). (ii) なぜわかりにくい S を前面に出したのか. **(答) 熱力学ポテンシャルを使いたかったから**. (iii) 独立変数依存性 $H(T,p)$ と $U(T,V)$ への注意. (iv) H と U **が, 熱力学ポテンシャルになったり, ならなかったりと, 「独立変数依存性だけでなく用途も目まぐるしく移り変わる」**.

   3) [§3.2.3] 一般的な Mayer の関係式の導出: **熱力学の考察から自然と導かれる偏導関数の公式 (0.55)(0.56)**, 独立変数への注視と独立変数の変換, 全微分の系統的駆使.

   4) [ポイント] (i) **3つ以上の状態変数に遭遇した際には2変数に整理** (2変数が独立). (ii) S の独立変数が目まぐるしく移り変わる. (iii) Maxwell の関係式 (2.14)(2.16) のどちらを用いるかの予測法. (iv) 理想気体の場合, 右辺が mR へと帰着 (熱力学I).

3. 中間試験までの予定[†2]

   - 11月1日 (金): 小テスト [4] (10点換算) のポイント[†3][†4]
     1) これまでの範囲の復習.
     2) 数学的基礎 (偏微分法および偏微分方程式).
     3) 理想気体に限らない, 定圧熱容量と定容熱容量の一般的定義を理解しているか.
     4) 一般的な Mayer の関係式が導けて, 理想気体への帰結を議論できるか.
   - 11月**8日 (水) 6限@3A402: 補講 (出席任意. 中間試験対策講座)**
   - 11月10日 (金): 中間試験 (60点換算)

[†2] 本必修科目を落とすと, 3年次以降に極めて不利になる. 再三繰り返しているとおり, 絶対評価である.
[†3] **これまでの講義内容への理解を前提に出題**. 進度に応じて, 範囲削減の可能性がある.
[†4] 講義資料記載の「問題」は, 中間試験の出題範囲に含める可能性がある. 早めに取り組むとよい.