

熱力学 II 小テスト [7]<sup>†1</sup> 2016 年 11 月 25 日 10:10–10:23 (目安)

注意 1) 以下の設問で,  $n$  はモル数 (物質質量),  $\mu$  は化学ポテンシャル,  $G$  は自由エンタルピー,  $T$  は絶対温度,  $p$  は圧力,  $V$  は容積,  $S$  は可逆過程におけるエントロピーである. これら以外の記号を用いる場合は, その説明を省かないこと. (例)  $\omega$  は周波数である.

注意 2) 「どの公式をどこでどのように用いたのか」など, 式変形の根拠を日本語で丁寧に説明せよ. 何度, この注意書きを書いても, 減点される者が後を絶たない.

問 1. [8 点, 答えのみでよい (理由不要)]

化学ポテンシャル  $\mu$  の定義式および次元を書け. (注意) 微分形は「使わない」こと.

問 2. [2 点, 答えのみでよい (理由不要)]

化学ポテンシャルは, 強度変数と示量変数のどちらか.

問 3. [25 点] 閉じた系, すなわちモル数  $n$  が一定の系において, 任意の準静的な可逆過程は

$$dG = -SdT + Vdp \quad (\text{A})$$

にしたがって進行することが知られている (既知. 証明不要). このとき, 次式 (B) を導け.

$$nd\mu = -SdT + Vdp \quad (\text{B})$$

問 4. 開いた系, すなわちモル数  $n$  が変化する系において, 任意の準静的な可逆過程は

$$dG = -SdT + Vdp + \mu dn \quad (\text{C})$$

にしたがって進行する.

(1) [25 点] 上式 (C) を導け. [ヒント] 問 3 の一部を思い返す.

(2) [40 点]  $G$  の自然な独立変数を選び, 全微分  $dG$  を書き下し, 次式 (D) を導け.

$$\mu = \left( \frac{\partial G}{\partial n} \right)_{T,p} \quad (\text{D})$$

(注意) 下添え字は, 偏微分の演算において, その変数を固定することを意味する.

問 5. [時間が余った人] これまでの講義や小テストの反省, 感想, 疑問点などを書いてください.

以上

<sup>†1</sup> 100 点満点で採点し, 4 点満点に換算する. 総合成績 100 点満点中 4 点の配点を占める.

## 熱力学 II 中テスト (12月2日) 実施に関するアナウンス

### 1. 実施要項:

- (1) 実施日: 12月2日(金) 10:10–11:25 (時間延長不可, 遅刻者は受験不可)
- (2) 予想解答所要時間: 45分<sup>†2</sup>
- (3) 出題範囲: 2016年度熱力学 II 講義資料 pp. 1–96 (§0–§3.2の終わりまで)<sup>†3</sup>
- (4) 出題大問数: 3題
- (5) 配点: 15点 (100点満点で採点し, 熱力学 II の成績評価 100点満点中 15点に換算)
- (6) 関数電卓も含め, 持込は一切認めない.
- (7) これまで計7回の小テストよりも厳しく採点する<sup>†4</sup>.

### 2. 出題内容——「上記出題範囲の全てである」と突き放そうと考えていたが, 幾つかの情報を提示することを決めるに至った<sup>†5</sup>. 100ページもの範囲は膨大であること, また, 試験ではなく, 中“テスト”であることが理由である<sup>†6</sup>.

- (1) [40点前後 (§1 と §2)]<sup>†7†8</sup> 4種類のエネルギー  $U, F, H, G$  に対する4本の熱力学恒等式 (エネルギー保存則) を導けるか.  $p, T, S, V$  をそれぞれ上記4種類のエネルギーの偏導関数として表現する式を導けるか. 4本の Maxwell の関係式を導けるか.
- (2) [40点前後 (§3.2)]<sup>†9</sup> 状態変数としての熱容量の一般的な定義を理解しており, それを説明できるか. 定圧熱容量と定容熱容量の差を与える Mayer の式を導けるか. 理想気体の場合の帰結を議論できるか (問題 17).
- (3) [20点弱]<sup>†10</sup> 偏微分方程式の解に関する出題<sup>†11</sup>. 11月11日実施小テスト [5] の問 1 の復習と反省が必須. 問 26 (p. 94) のとくに (ii) を解いておくとよい.

### 3. 記憶必須事項<sup>†12</sup>:

- (1) エンタルピー, 自由エネルギー, 自由エンタルピーの定義式 (§0)
- (2) 準静的過程における仕事を与える公式 (熱力学 I)
- (3) 微小な2変数関数がある関数の全微分で表されるための必要十分条件 (解析学 III)
- (4) 多変数関数の合成関数の導関数公式. ただし, 式 (0.56) のみでよい.

<sup>†2</sup> この意味で, 11:25 以降の解答時間延長は認めない.

<sup>†3</sup> しかし, 現在講述中の §4 や §5 は, 期末試験 (12月16日) の範囲となるので, 早めの学習を強くすすめる.

<sup>†4</sup> これまでの減点は相当に手加減した. これまで減点された者は, 以後, 大幅に減点されることを想定すべきである. 第三者が読んで一通りに伝わる論理的な答案の作成とは, 決して容易くはない. 地道な訓練が必須である. 答案例をたくさん書いてほしい. 添削依頼は歓迎するし, とくに批判的なコメントを相当数つけて返却する.

<sup>†5</sup> この意味で, 金川も, 人間にすぎないので, ある程度, ツンデレ的な一面があるのかもしれない.

<sup>†6</sup> [余談] クラス連絡会を先日聴講した. そもそも, 学生は, 大学とはどのような場所かすらを理解していない (知らない?) のではないかと危惧する場面が少なからずあった. そのように感じた理由の一つに, 言葉遣いが挙げられる——「試験」と「テスト」は異なる. 「学生」と「生徒」も異なる. 「講義」と「授業」も異なる. 金川は, 受講者を生徒ではなく「学生」とみなして, 授業ではなく「講義」を行っており, テストではなく「試験 (examination)」で評価している. もちろん, これらの言い回しの定義は, 人それぞれではあるが.

<sup>†7</sup> §1.5 のまとめが大いに参考になるであろう.

<sup>†8</sup> 2014年度および2015年度に実施した中間試験 (配布済) の問 1 は類似問題に属するが, 同一ではない.

<sup>†9</sup> 2014年度中間試験の問 2 および 2015年度中間試験の問 3 は類似問題に属するが, それなりに変更した.

<sup>†10</sup> 2015年度中間試験の問 4 は, わずかながら類似問題に属するといえるかもしれない.

<sup>†11</sup> 応用数学の履修を前提とするものではない. 本講義 (および講義資料) 内の説明で解答可能な出題である.

<sup>†12</sup> 言い換えれば, これらは問題文には与えない. そして, これら以外を覚える必要はない.