

熱力学 (時間割コード 31186, 31390)

担当 :

菊川 芳夫

所属 : 総合文化研究科 広域科学専攻 相関基礎科学系 (物理部会)

研究室 : 駒場キャンパス 16号館 325A室

電子メール : kikukawa@hep1.c.u-tokyo.ac.jp

講義の目標 :

- 熱力学第一, 第二法則と, これらの法則から従う基礎的な結果の理解
- 内部エネルギーとエントロピーに関する基礎的な事柄の理解
- 熱力学的 (物理的) な考え方の体得

評価 : 学期末試験+演習等のレポート (授業時間内, 宿題)

◎講義のまとめ, 例題, 演習のプリントを配布. ITC-LMS, 以下のサイトに掲載.

◎予習推奨. 講義のまとめを参考にして教科書等の該当箇所を予習すること.

◎復習には同じサイトに掲載 (予定) の講義ノートを活用すること.

<http://hep1.c.u-tokyo.ac.jp/~kikukawa/lectures/R2thermodynamics/R2.html>

講義内容 :

1. 熱力学的な系

- 熱平衡状態, 状態量, 気体温度計による絶対温度, 状態方程式

2. 熱力学的過程

- 緩和過程と不可逆性, 熱機関とサイクル, 準静的過程

3. 熱力学第一法則 (熱の普遍性)

- 熱と仕事の等価性, 熱の仕事当量 (ジュールの実験1)
- 第一法則 : 熱力学的なエネルギー保存則, 内部エネルギーの存在
- 熱量  $Q$  と熱容量, 仕事  $W$  と圧力

4. 第一法則の応用 : 理想気体の熱力学的な性質

- 理想気体の自由膨張における  $Q$  と  $W$  (ジュールの実験2)
- 準静的等温過程における吸熱  $Q$ , マイヤーの関係式, 断熱曲線, 準静的断熱過程における仕事  $W$

5. 内部エネルギー  $U$

- 内部エネルギーの存在
- 第一法則の数学的表現 (積分可能性)
- 比熱との関係 (正定値性と単調増加)

6. 熱力学第二法則 (熱の特殊性)
  - 熱機関の効率と不可逆性
  - 第二法則 (Thomson の原理, Clausius の原理)
  - Carnot の定理 (可逆機関, カルノーサイクル)
7. 熱力学的絶対温度, Clausius の不等式
8. エントロピー  $S$ 
  - エントロピーの定義
  - エントロピーと不可逆性, エントロピー増大則
  - 混合のエントロピー
9. 熱力学的関係式
  - $U$  と  $S$  の関係: 熱力学の基本方程式
  - 積分可能性からの帰結: マックスウェルの関係式
10. 自由エネルギー / 熱力学ポテンシャル
  - 物質と化学ポテンシャル
  - Helmholtz, Gibbs の自由エネルギー, Gibbs-Duheim 関係式
11. 平衡条件
  - 気相-液相平衡 (気体の凝縮), 蒸気圧曲線と Clausius-Clapeyron 関係式, ファン-デル-ワールスの状態方程式と Maxwell の規則
  - Gibbs の相律
  - 化学平衡, ル-シャトリエの原理
12. 希薄溶液
  - 希薄溶液の熱力学ポテンシャルの導出
  - 浸透膜を通じた平衡: 浸透圧
  - 溶液と蒸気の平衡: 蒸気圧の変化, 沸点上昇, 凝固点降下
13. ゴムとバネ
14. 巨視的な理論と微視的な理論 — 統計力学へのガイド

教科書・演習書：

- フェルミ熱力学 エンリコ・フェルミ (加藤 正昭訳) 三省堂 (1973)
- 熱・統計力学 (物理入門コース7) 戸田 盛和 岩波書店 (1983)
- 熱力学 三宅 哲 裳華房 (1989)
- 熱力学 (講談社基礎物理学シリーズ3) 菊川芳夫 講談社 (2010)
- 大学演習 熱学・統計力学 久保 亮五編 裳華房 (1998)
- 熱学演習- 熱力学, 原島 鮮著, 裳華房 (1979)

参考書・副読本：

- 物理学とは何だろうか (上, 下), 朝永振一郎, 岩波書店 (岩波新書)
- 原子, ジャン・ペラン著, 岩波書店 (岩波文庫)
- Statistical physics (berkeley physics course - vol. 5) , F. Reif, McGraw-Hill
- マクロな体系の論理, 吉岡大二郎, 岩波書店 (岩波講座, 物理の世界, 統計力学2)
- 熱力学入門, 佐々真一, 共立出版
- 熱力学の基礎, 清水明, 東京大学出版
- 熱力学 -現代的視点から-, 田崎晴明, 培風館