

Statistical Mechanics

Toshiya Tanaka

2022 年 3 月 5 日

概要

この pdf は[統合ゼミコミュニティアドベントカレンダー 2021](#) の 12 日目の記事です。

この記事は、[?] などの文献で統計力学を勉強し始めたが、面白さがわからないと悩む人を第一の対象とし執筆された。

Sec.?? で統計力学の一般的なモチベーションや目的について概説し、Sec.?? で統計力学の結果のみまとめ、Sec.??, Sec.?? でこの結果を銅の比熱と理想気体という具体的な系に用いる。実際の実験データによく合うこと、よく知っている理想気体の状態方程式が再現されることを確認する。

本記事で canonical 分布が使えることがわかり、基礎的なことや canonical 分布の導出過程に興味をもった読者は [?] の 4 章をお薦めする。

1 はじめに

統計力学の入門書として、[?] があげられることが多い気がする。ミーハーな私はもちろんそれを聞いてすぐ二巻とも購入し積読した記憶がある。統計力学を勉強するのには、熱力学と量子力学を勉強する必要があると聞いた私は、それを勉強したあと、B2 の夏頃だっただろうか、すぐに田崎本に取り掛かった。まず、二章に確率の話、三章に量子力学と状態数の勘定についての話。ここまでは、多少の近似の評価に首はかしげつつ問題なく進んだ気がする。しかし、よく考えれば、統計力学はやっていないではないか。四章に canonical 分布の導出。近似のオンパレード。分配関数って何だ？統計力学って結局何者？このあたりで力尽きた。

統計力学の面白さを感じ始めたのは、B3 前期の物性物理学の授業ⁱ だった。比熱の Einstein model や Debye model を扱って、実験データととても合うということに面白さを感じたⁱⁱ。統計力学の面白さは、一般論から多種多様な現象が説明できることではないかと思っている。本記事では私の経験から、最初に知っていれば退屈することなく一般論を学べたのではないかという統計力学 (というか分配関数) の応用例について述べⁱⁱⁱ、実際の実験データ [?] との比較も行う。さらに、もう一つの例として、高校物理から慣れ親しんできた理想気体の状態方程式を導出することを紹介する。

計算過程についてはかなり省くことにした。一番の理由はタイプがめんどくさいことだが、[?] などの文献に十分詳しく書いてあるし、単純計算も多いので自力でできると思うので、書く必要性を感じなかったからである。統計力学のモチベーションのために読んでいる読者は、詳細に計算を追うより、結果を見てモチベーションをあげることに集中してほしい。

なお、著者は統計力学を勉強中であり不正確な記述や、誤解している点も多いかと思う。そのようなことにお気づきの際は、ご教示いただければ幸いです^{iv}。

1.1 notation

- \hbar はプランク定数を 2π でわったものである。
- ω は断りなく用いた場合、調和振動子を考えたときの振動数を指すことにする。
- 物理量 A に対し、 A の期待値を $\langle A \rangle$ と書く。
- T は絶対温度を表し、 $\beta = 1/(k_B T)$ は逆温度という。断りなく、両者が混在する式を書いたとき、 β と T は常にこの

ⁱ. ウチのカリキュラムはめちゃくちゃで、量子力学と同時、統計力学の授業が始まる前に物性の授業があって、比熱とかを扱う。しかし、本記事で述べるように、先に応用を扱っておくのも悪くないの... か？

ⁱⁱ. 私の興味をよく知っている人なら、実験に興味をもつことに驚くかもしれないが、興味の方向が違う私ですら興味を惹かれる一致であったのだ。

ⁱⁱⁱ. [?]4 章の abstract には「本章さえ読まず、次の 5 章から読むことができる」と書いてあるのだが...

^{iv}. 質問、感想、ご指摘等は [discussions](#) などをお願いします。